



Farklı Yaklaşımlarla Karaman İlinin Kuraklık Analizi

Kadri YÜREKLİ¹

Ali ÜNLÜKARA²

Mustafa YILDIRIM³

¹Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, TOKAT

²Erciyes Üniversitesi Seyrani Ziraat Fakültesi Biyosistem Mühendisliği, KAYSERİ

³Tokat Meteoroloji Bölge Müdürlüğü, TOKAT

*Sorumlu Yazar
kadriyurekli@yahoo.com

Özet

Bu çalışmada Karaman ilinin SPI (Standardized Precipitation Index), RDI (Reconnaissance Drought Index) ve EDI (Effective Drought Index) indeksine göre kuraklığın saptanması amaçlanmıştır. Bu amaçla, Karaman meteoroloji istasyonunda 1975–2009 yılları arasında ölçülen aylık yağmur ve FAO56 Penman-Monteith ilişkisine göre saptanan ET_0 (Referans bitki su tüketimi) değerleri materyal olarak kullanılmıştır. Dört farklı referans periyodu (k1, Ocak-Mart; k2, Ocak-Haziran; k3, Ocak-Eylül; k4, Ocak-Aralık) için kümülatif aylık yağmur- aylık ET_0 oranı serileri elde edilmiştir. Elde edilen seriler kullanılarak SPI, RDI ve EDI değerleri elde edilmiştir. İndisler Karaman'da son yıllarda kurak bir dönemin başladığını göstermektedir. Karaman ilinde RDI indeksine göre daha çok hafif kuraklık ve orta derece kuraklık hâkim olmuştur.

Anahtar Kelimeler; Jargua-Bera test, FAO56 Penman-Monteith, SPI, RDI, EDI

Karaman Province Drought Analysis by Different Approaches

Abstract

This study was aimed to determine drought of Karaman province by using SPI (Standardized Precipitation Index) RDI (Reconnaissance Drought Index) and EDI (Effective Drought Index) indices. In this reason, monthly total rainfalls measured for 1975-2009 years in Karaman Meteorological station and the ET_0 (reference evapotranspiration) based on FAO56 Penman-Monteith relationship for the same years were used as materials. The cumulative monthly rainfall and monthly ET_0 series for four difference reference periods (k1, January-March; k2, January-June; k3, January-September; k4, January-December) belonging to each year were constituted. The SPI, RDI and EDI values were calculated by using the series of k-reference periods. These indices showed that drought period begun in last years in Karaman. According to SPI, RDI and EDI indices in Karaman province, mild drought and moderate drought categories were experienced much more.

Key Words; Jargua-Bera test, FAO56 Penman-Monteith, SPI, RDI, EDI

GİRİŞ

Kuraklık, su kaynaklarını besleyen yağışlardaki önemli düşmelerin olduğu dönemler olarak tanımlanmaktadır. Kuraklık, ekosisteme müdahalenin bir sonucu olarak günümüzde kendini en ciddi hissettiren ve hissettirmeye devam edecek gözükten problemlerin başında gelmektedir.

Kuraklık, taşkın gibi ani olarak meydana gelmemesine rağmen, dünyadaki doğa olayları içinde maliyeti en fazla olan ve küresel anlamda yıllık olarak oldukça önemli maddi zararlara neden olan olaydır. Aynı zamanda diğer doğa olayları ile karşılaştırıldığında insanlığı en fazla tehdit edendir. Le Houerou [7], kuraklığın tarım alanlarında görüldüğünü ve en çok da çorak arazilerin bu olaydan etkilendiğini belirtmiştir.

Kuraklık, tarımsal, hidrolojik ve meteorolojik kuraklık olarak sınıflandırılmaktadır. Tarımsal kuraklık; Agnew ve Warren [2] tarafından topraktaki nem eksikliğinin sonucu olarak tarımsal üretimde önemli düşmelerin olduğu süreler olarak tarif edilmiştir. Hidrolojik kuraklık; yüzey ve yeraltı sularında meydana gelen seviye düşüşleri olarak

belirtilmektedir [12]. Meteorolojik kuraklık ise belirli bir zaman periyodunda ortalamanın altında gözlenen yağışlı süreler olarak belirtilmektedir [1].

Her üç tanıma göre de kuraklığın ana nedeninin yağışın ortalamasının altında olması durumunda meydana geldiği anlaşılmaktadır. Ancak tarımsal kuraklıkta diğerlerinden farklı olarak, yağışın yetersiz olduğu dönemde bitki yetiştirilen alanda yeterli toprak nemini (sulama ile) sağlandığı durumda kuraklıktan söz edilmemektedir. Ancak Doğu Karadeniz Bölgesi dışında ülkemizde, yağışın ortalamasının üzerinde olması durumunda bile, bitkisel üretimin yapıldığı dönemde bitkinin ihtiyaç duyduğu suyu yağışlarla karşılamak hemen hemen imkânsızdır. Bu bakımdan ülkemizde talep edilen su ile yağışın zamana göre dağılımı genellikle uyum göstermediğinden, tarımsal kuraklık zararının önlenmesi için tarımsal üretimde sulama kaçınılmazdır.

Tarım yapılan alanlarda kuraklığın şiddetinin derecelendirilmesi, yılın farklı zamanlarında yağış etkisinin değişikliğinden dolayı zor olmaktadır. Bu yüzden kuraklığın şiddeti ve süresi, bitki yetiştirme periyodu ile yağmur arasında ilişkilendirilmelidir.

Kuraklık şiddetinin değerlendirilmesi, sadece toplam yağmur miktarındaki eksiklikten ziyade, toprak nemi ve bitki koşullarını göz önünde bulundurarak etkili yağmur miktarının saptanmasını gerektirir [17]. Ayrıca tarımsal kurak süreler, toprak nem kapasitesi ve bitki su tüketimi durumuna göre belirtilmelidir[11].

Kurak zamanlarda tarımsal üretim önemli derecede azalmakta ve çok kısa süreli yağışsız periyotlar bile çiftçiler için ciddi problemler doğurmaktadır. Kurak ve yarı-kurak bölgelerde bitkiler üzerinde kuraklığın etkisini azaltmak için, mevcut kaynaklardan yeterli suyun depolanması gereklidir. Bu bakımdan, sulama zamanı ile birlikte bitki yetiştirme periyodundaki kurak sürenin bilinmesi oldukça önem taşımaktadır.

Tarımsal, meteorolojik ve hidrolojik kuraklığı belirtmek için pek çok indeks geliştirilmiştir. Bu indekslerin, kurak bir bölgeden kısa ve yeterli bilgilerin çıkarılmasında fayda sağlamaktadır. Aynı zamanda bu indeksler kuraklık etkisini en aza indirmede, su kaynaklarının yönetimi açısından karar vermede önemli bulunmaktadır.

Su eksikliğinin bulunmadığı bir referans yüzeyden oluşan evapotranspirasyona referans bitki evapotranspirasyonu veya referans evapotranspirasyon denilmekte ve ET_0 şeklinde ifade edilmektedir. Referans yüzey ise belli özellikleri olan teorik bir çim yüzeydir. Referans evapotranspirasyon kavramı bitki tipi, bitki gelişimi ve yönetim uygulamalarından bağımsız şekilde atmosferin buharlaşma talebini ortaya koyabilmek için ileri sürülmüştür. Referans evapotranspirasyonun gerçekleştiği yüzeyde su bol miktarda bulunduğu için toprak faktörleri evapotranspirasyonu etkilememektedir. Evapotranspirasyonun özel bir yüzeyle ilişkilendirilmesi, diğer yüzeylerden meydana gelecek evapotranspirasyonla ilişki kurulabilmesi için bir referans sağlamaktadır. Böylece referans yüzey, her bitki ve her bitkinin gelişme dönemleri için ayrıca bir evapotranspirasyon düzeyi tanımlama ihtiyacını ortadan kaldırmaktadır. Farklı bölgelerde veya farklı dönemlerde hesaplanan ET_0 değerleri, aynı yüzeyden meydana gelen evapotranspirasyona işaret ettiği için karşılaştırılabilir olmaktadır. Referans yüzey, bitki boyu 0.12 m, sabit yüzey direnci 70 s m^{-1} ve albedosu 0.23 farz edilmiş bir bitkiye sahip bir teorik çim yüzeydir. Bu referans yüzey, homojen boylu, aktif şekilde büyüyen ve zemini tamamen gölgeleyen iyi sulanmış yeşil bir çim yüzeyi sıkı şekilde temsil etmektedir.

ET_0 'i etkileyen faktörler sadece iklim parametreleridir. Sonuç olarak, ET_0 bir iklim parametresidir ve hava verilerinden hesaplanabilmektedir. ET_0 bitki özelliklerini ve toprak faktörlerini dikkate almamakta, özel bir bölgede ve yılın özel bir zamanında atmosferin buharlaşma talebini ifade etmektedir. ET_0 'ın belirlenmesi için FAO56 Penman-Monteith yöntemi tek yöntem olarak önerilmektedir. Bu yöntem tercih edilmektedir çünkü değerlendirilen bölgede çim ET_0 değeriyle oldukça sıkı şekilde benzerlik göstermekte, fiziksel olarak temeli atılmış, fizyolojik ve aerodinamik parametrelerin her ikisini de açıkça birleştirmiştir [3].

Bu çalışmada, Karaman'da ölçülen aylık toplam yağışlar ve aylık referans bitki su tüketim değerleri (ET_0)

kullanılarak, SPI (Standardized Precipitation Index), RDI (Reconnaissance Drought Index) ve EDI (Effective Drought Index) indeksine göre Karaman'ın kuraklık analizinin gerçekleştirilmesi amaçlanmıştır.

MATERYAL ve YÖNTEM

Bu çalışmada Karaman ili merkez istasyonda 1975-2009 yılları arasında ölçülmüş olan 35 yıllık aylık toplam yağmur miktarları ile referans bitki su tüketiminin tahmininde gerekli meteorolojik ölçümler materyal olarak kullanılmıştır. Araştırmada Karaman ilinin kuraklık analizini yapmak amacıyla McKee ve ark. [8]'te verilen SPI (Standardized Precipitation Index), Tsakiris ve ark. [16]'de verilen RDI (Reconnaissance Drought Index) ve Byun and Wilhite [4]'da verilen EDI (Effective Drought Index) indeksleri uygulanmıştır. RDI indeksi için gerekli olan referans bitki su tüketimi (ET_0), FAO56 Penman-Monteith ilişkisinden [3] tahmin edilmiştir. Çalışmada göz önüne alınan indekslerin k-referans periyotları ($k1=$ Ocak-Mart, $k2=$ Ocak-Haziran, $k3=$ Ocak-Eylül, $k4=$ Ocak-Aralık) için yani 3, 6, 9 ve 12 aylık kümülatif değerlerine karşılık kuraklık sınıfları her indeksin aşağıda verilen ilişkileri kullanılarak tahmin edilmiştir.

SPI İndeksi (Standardized Precipitation Index)

SPI indeksi, bir i istasyonunda seçilmiş bir zaman dilimi içindeki yağmur miktarının (X_i) ortalama yağmur

miktarından (\bar{X}_i) olan farkının standart sapmaya (σ) bölünmesi ile normalize edilerek elde edilir (Eşitlik 1). Aşağıda verilen ilişki yağmur verisinin normal dağılım göstermesi durumunda kullanılmaktadır. Ters koşulda seri uygun bir dağılıma uydurularak bu dağılımdan gözlemlere karşılık gelen olasılıkların standart normal dağılımdaki karşılığı olan z-değerleri (SPI) belirlenir. SPI yöntemi, zaman ölçeğinde geniş bir uygulamaya sahip olduğu için kuraklığın kısa ve uzun dönem izlenmesinde daha esnek bir yapıya sahiptir [5], [13].

$$SY\dot{Y} = \frac{X_i - \bar{X}_i}{\sigma} \quad (1)$$

RDI İndeksi (Reconnaissance Drought Index)

RDI indeksinin k-referans periyotlarındaki değerlerinin tahmininde gerekli olan α_k değerleri aşağıdaki ilişkiden saptanmıştır.

$$\alpha_k^i = \frac{\sum_{j=1}^{3k} P_{ij}}{\sum_{j=1}^{3k} ET_{0ij}} \quad i=1 \dots N \quad k=1, 2, 3, 4 \quad (2)$$

Eşitlik 2'de P_{ij} ve ET_{0ij} sırasıyla i . yılın j . ayının toplam yağmur ve referans bitki su tüketimini (ET_0) ifade etmektedir. RDI indeksi, seçilmiş bir zaman dilimi

(k-referans periyodu) için hesaplanan (α_k^i) değerleri

ile hesaplanan (α_k^i) değerlerinin ortalama miktarının farkının, hesaplanan (α_k^i) değerlerinin standart sapmasına bölünmesi ile elde edilir.

$$RDI = \frac{\alpha_k^i - \mu_\alpha}{\sigma_\alpha} \quad (3)$$

μ_α ve σ_α , sırasıyla α_k^i 'nin ortalama ve standard sapmasıdır. Bu ilişkiden RDI değerlerini elde etmek için α_k^i değerlerinin normal dağılım göstermesi gerekir. Tsakiris ve ark. [15] α_k^i değerlerinin genellikle log-normal veya gama dağılımına uyum gösterdiğini, ancak birçok durumda gama dağılımının daha iyi sonuç verdiğini bildirmişlerdir. Bu nedenle RDI indeksinin hesaplanması için öncelikle α_k^i değerlerinin frekans dağılımının normalliği test edilmelidir.

EDI İndeksi (Effective Drought Index)

EDI indeksi orijinal formunda günlük yağmur değerlerine göre tahmin edilirken, Smakhtin ve Hughes [14] ve Morid ve ark. [9]'de aylık yağmur miktarlarına göre de tahmin edilmiştir. Bu çalışmada da aylık yağmur miktarları göz önüne alınmıştır. EDI indeksi aşağıda verilen ilişkilere göre hesaplanmaktadır.

$$EP = \sum_{k=1}^N \sum_{i=1}^k p_k/k \quad (4)$$

Eşitlikte verilen p_k/k terimini bir örnekle açıklayalım: N= 3 olsun (3 aylık kümülatif toplam süresi olsun, yani Ocak-Mart dönemi) bu durumda

$$EP = P_1 + [(P_1 + P_2)/2] + [(P_1 + P_2 + P_3)/3]$$

şeklinde hesaplanır. Burada P_1, P_2, P_3 sırasıyla Mart, Şubat ve Ocak ayındaki yağmura karşılık gelmektedir. EP değerleri hesaplandıktan sonra EP'nin ortalama (MEP) ve standart sapma $[STD_{(EP)}]$ değerleri aşağıdaki eşitlikle elde edilerek SEP değeri elde edilir.

$$SEP = (EP - MEP)/STD_{(EP)} \quad (5)$$

SEP değerleri hesaplandıktan sonra PRN değerleri aşağıdaki ilişkiden saptanır.

$$PRN = SEP / \sum 1/N \quad (6)$$

Eşitlikteki toplam terimi, N; 3 aylık süre için $1/1 + 1/2 + 1/3$ 'e eşit olacaktır. Bundan sonra hesaplanan PRN değerlerinin standart sapması-STD (PRN) hesaplanarak EDI değerleri aşağıdaki ilişkiden hesaplanır.

$$EDI = PRN/STD(PRN) \quad (7)$$

EDI indisi ile ilgili yapılan açıklamadan anlaşılacağı üzere bu indisin tahmininde normallik şartı aranmamaktadır. Bu çalışma için sadece normallik SPI için elde edilen kümülatif yağmur serileri ile RDI indeksi için gerekli olan α_k^i değerlerinde normallik şartı aranmaktadır.

Normallik Testi

Bu amaçla Jargua-Bera (JB) testi kullanılmıştır [6]. Bu test çarpıklık ve basıklık katsayısına bağlıdır. Bu teste ait ilişki aşağıda verilmiştir.

$$T_{JB} = \frac{n}{6} \left(s^2 + \frac{(k-3)^2}{4} \right) \quad (8)$$

Eşitlikte 8 de; n gözlem sayısı, s çarpıklık katsayısı, k basıklık katsayısıdır. Jargua-Bera istatistiği (T_{JB}) iki serbestlik dereceli ki-kare dağılımına uymaktadır. Hesaplanan istatistik (T_{JB}) sıfır olması durumunda, dağılımın çarpıklığının sıfır, basıklığının da 3 olduğu anlamına gelmektedir. Bu durumda hesaplanmış veri dağılımının normalliği ile ilgili yapılan hipotez kabul edilir. Ters durumda, çarpıklığın sıfırdan büyük ve basıklığın da üçten büyük olması durumunda T_{JB} istatistiğinin artmasına neden olacaktır. Hesaplanan T_{JB} istatistiği, %5 önem seviyesinde iki serbestlik dereceli ki-kare tablo kritik değeri ile karşılaştırılır. Hesaplanan değerin, tablo değerinden büyük olması durumunda, hesaplanan verinin normal bir dağılım göstermediğine karar verilir. Hesaplanmış verinin normal dağılım göstermemesi durumunda öncelikle loagritmik dönüşüm yapılarak dönüşüm yapılır ve dönüşüm yapılmış veriye tekrar Jargua-Bera testi uygulanarak normalliği kontrol edilir. Bu durumda da normalleşme gerçekleşmemişse, hesaplanmış veri gama dağılımına uydurulur. Daha sonra her hesaplanmış değerinin gama dağılımındaki kümülatif olasılığına karşılık Standard normal dağılımdaki karşılığı olan Z-değeri (SPI ve RDI) tahmin edilir.

Araştırmada kullanılan indislerin kuraklık sınıfları için aşağıdaki çizelgeden yararlanılmaktadır [8] [10] [9]. Bu kategoriler Çizelge 1'de verilmiştir.

Çizelge 1. Kuraklık Kategorileri

Kuraklık Sınıfı	SPI / RDI	EDI
Kuraklık yok (KY)	SPI / RDI \geq 0.0	EDI \geq 0.0
Hafif kurak (HK)	-1.0 \leq SPI / RDI < 0.0	-0.69 \leq EDI < 0.0
Orta derece kurak (ODK)	-1.5 \leq SPI / RDI < -1.0	-0.7 \leq EDI < -1.49
Şiddetli kurak (ŞK)	-2.0 \leq SPI / RDI < -1.5	-1.5 \leq EDI < -2.49
Aşırı kurak (AK)	SPI / RDI < -2.0	EDI < -2.5

Yukarıdaki indisler dikkate alınarak yapılan kuraklık değerlendirmesinde indeksin sürekli olarak negatif olduğu zaman periyodu kurak dönem olarak tanımlanır.

SONUÇLAR

Karaman ilindeki kurak sınıflarını SPI ve RDI'a göre tahmin etmek amacıyla dört referans periyodu için elde edilen kümülatif yağmur ve α_k^i serilerinin normal dağılıma uygunluğu, Jargua-Bera testine göre test edilmiş ve sonuçlar Çizelge 2'de verilmiştir. Sonuçlar Karaman ili k-referans periyotları için elde edilen kümülatif yağmur ve α_k^i değerlerinin normal dağılıma sahip olduğunu

Çizelge 2. k-Referans Periyotları İçin Normalite Sonuçları

Periyot	İstatistikler						
		M	σ	Cs	Ck	T_{JB}	T_{JB-P}
k1	P_R	111.18	33.95	0.284	-0.628	1.162	0.559
	α_k	0.446	0.150	0.355	0.111	0.679	0.712
k2	P_R	208.73	59.85	0.716	0.606	2.920	0.232
	α_k	0.258	0.081	0.589	-0.011	1.894	0.388
k3	P_R	225.65	60.47	0.615	0.018	2.054	0.358
	α_k	0.156	0.044	0.552	-0.445	2.079	0.354
k4	P_R	332.03	69.11	0.551	0.218	1.620	0.445
	α_k	0.191	0.042	0.470	-0.076	1.247	0.536

μ , ortalama σ , standart sapma
 T_{JB} , Jargua-Bera istatistik değeri
 P_R , k-referans periyodundaki kümülatif yağmur

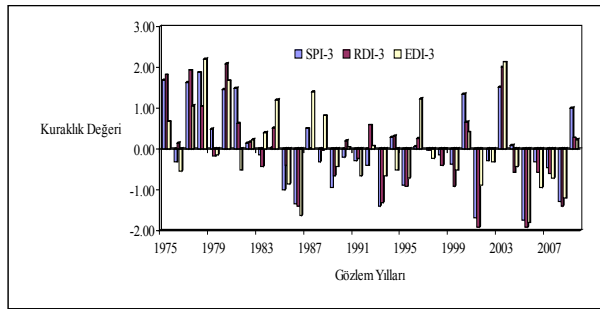
Cs, çarpıklık katsayısı Ck, basıklık katsayısı
 T_{JB-P} , T_{JB} değerinin ki-kare tablosundaki olasılığı
 $p > 0.05$ olduğundan normal dağılım göstermiştir

göstermiştir. Buna göre Karman ilinin 1975-2009 yılları için SPI ve RDI indislerinden kuraklık sınıfları, doğrudan indis ilişkilerinden belirlenmiştir.

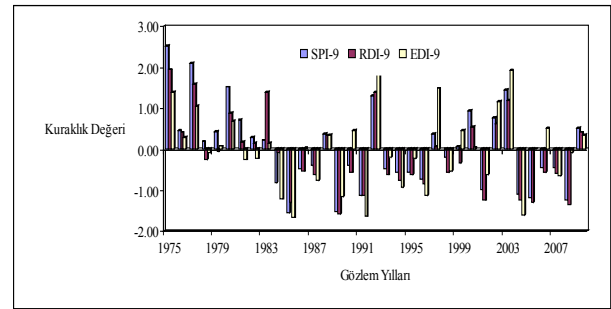
Karaman ilinin SPI, RDI ve EDI kuraklık indislerine göre 1975-2009 yılları arasında Çizelge 1’de verilen kuraklık sınıflarının kaç kez tekrarlandığı Çizelge 3’te verilmiştir. Çizelgeden görüleceği üzere Karaman ilinde araştırmada göz önüne alınan süre içinde her üç kuraklık indisine göre de aşırı kuraklık hiç yaşanmamıştır. SPI, RDI ve EDI kuraklık indislerine göre ilde en fazla hafif kuraklık yaşanmıştır. Ancak RDI indisi Karaman’da diğer iki indise göre hafif kuraklığın daha fazla yaşandığını göstermektedir. Kuraklık yok sınıfı en az RDI indisinde, en fazlada EDI indisinde yaşanmıştır. Ancak genel olarak bakıldığında her üç indise göre elde edilen kuraklık sınıflarının tekrarlanma miktarları birbirlerine oldukça yakın olmuştur. Bununla birlikte her üç indiste de farkı periyotlar daha kurak geçmiştir. SPI indisine göre k4 referans periyodunda orta derece kuraklık 6 kez meydana

gelirken, RDI indisine göre k3 periyodunda orta derece kuraklık 6 kez meydana gelmiştir. EDI indisine göre orta derece kuraklık SPI ve RDI indislerine göre daha fazla meydana gelmiştir. Her üç indisten şiddetli kuraklığın tekrarlanma sayıları, EDI indeksi için k3 referans periyodu hariç birbirlerine yakın bulunmuştur.

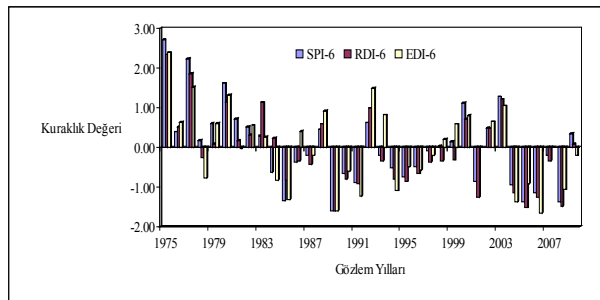
Karaman ili için her referans periyoduna ait SPI-RDI-EDI indeksinin değişim grafikleri Şekil 1-4’te verilmiştir. Şekillerden, ilde 80’li yılların başına kadar önemli bir kuraklık yaşanmamış, ıslak bir dönem görülmüştür. Ancak k1 referans periyodu için elde edilen grafiğe göre kuraklıklar sık fakat daha kısa süreli olmuştur. Bununla birlikte diğer periyotlarda meydana gelen kuraklıklar daha uzun süre devam etmiştir. Özellikle bu etki k2 referans (Ocak-Haziran) periyodunda daha belirgin olmuştur. İlde son yıllara doğru ciddi bir kurak dönemin başladığı anlaşılmaktadır. Ocak-Haziran dönemi için elde edilen indis değerleri, 1994-1997 yılları arasında önemli bir kurak dönem yaşandığını göstermektedir.



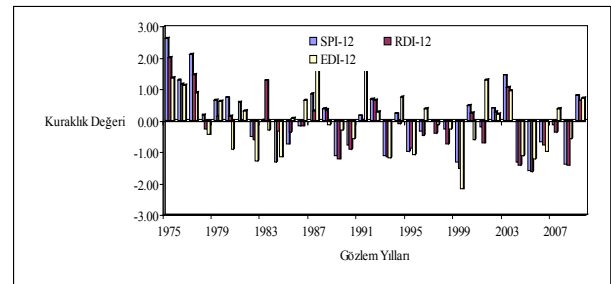
Şekil 1. Ocak-Mart dönemi için SPI-RDI-EDI değişimi



Şekil 3. Ocak-Eylül dönemi için SPI-RDI-EDI değişimi



Şekil 2. Ocak-Haziran dönemi için SPI-RDI-EDI değişimi



Şekil 4. Ocak-Aralık dönemi için SPI-RDI-EDI değişimi

Çizelge 3. Kuraklık Sınıflarının Gözlem Süresi İçindeki Tekrarlanma Sayıları

Kuraklık İndisi	Periyot	Kuraklık Sınıfı				
		KY	HK	ODK	ŞK	AK
SPI	k1	15	14	4	2	***
	k2	17	13	4	1	***
	k3	17	12	4	2	***
	k4	17	11	6	1	***
RDI	k1	15	15	3	2	***
	k2	15	14	4	2	***
	k3	14	14	6	1	***
	k4	14	15	4	2	***
EDI	k1	16	11	6	2	***
	k2	16	9	8	2	***
	k3	18	9	5	3	***
	k4	17	9	8	1	***

KY, HK, ODK, ŞK, AK; Çizelge 1.'de verilen kuraklık sınıflarının kısaltmasıdır

KAYNAKLAR

- [1] Agnew CT., 1990. Spatial aspects of drought in the Sahel. *Journal of Arid Environments*, 18: 279–293.
- [2] Agnew CT, Warren A., 1996. A framework for tackling drought and dewgradation. *Journal of Arid Environments*, 33: 309-320.
- [3] Allen RG, Pereira LS, Raes D, Smith M., 1998. Crop Evapotranspiration (guidelines for computing crop water requirements): FAO Irrigation and Drainage Paper No. 56.
- [4] Byun H, Wilhite DA., 1999. Objective quantification of drought severity and duration. *Journal of Climate*, 12 (2): 747–2,756.
- [5] Edwards DC, McKee TB., 1997. Characteristics of 20th Century Drought in the United States at Multiple Time Scales. *Climatology Report Number 97-2*, Colorado State University, Fort Collins, CO.
- [6] Jarque CM, Bera AK., 1987. A test for normality of observations and regression residuals. *International Statistical Review*, C.55: 163–172.
- [7] Le Houerou HN., 1996. Climate change, drought and desertification. *Journal of Arid Environments*, 34: 133-185.
- [8] McKee TB, Doesken NJ, Kleist, J., 1993. The relationship of drought frequency and duration to time scales. Eighth Conference on Applied Climatology, American Meteorological Society, Anaheim, CA.
- [9] Morid S, Smakhtin VU, Bagherzadeh K., 2007. Drought forecasting using artificial neural Networks and time series of drought indices. *International Journal of Climatology*, 27:2103-2111.
- [10] Nalbantis I, Tsakiris G., 2009. Assessment of hydrological drought revisited. *Water Resources Management*, 23 (5): 881-897.
- [11] Okman C., 1981. The Recurrence Probability of Agricultural Drought Spells in Ankara Province. University of Ankara press, Publication Number 777, Ankara.
- [12] Palmer WC., 1965. Meteorological Drought. Research Paper No. 45, U.S. Weather Bureau, Washington, D.C.
- [13] Redmond KT., 2000. Integrated climate monitoring for drought detection. *Drought: A Global Assessment*, edited by Wilhite, DA, Routledge, London.
- [14] Smakhtin VU, Hughes DA., 2007. Automated estimation and analyses of meteorological drought characteristics from monthly rainfall data. *Environmental Modelling & Software*, 22 (6): 880-890.
- [15] Tsakiris G, Nalbantis I., Pangalou D, Tigkas D, Vangelis H., 2006. Drought meteorological monitoring network design for the Reconnaissance Drought Index (RDI). *Options Mediterraneennes*, Series A, 80: 57-62.
- [16] Tsakiris G, Pangalou D, Vangelis H., 2007. Regional drought assessment based on the Reconnaissance Drought Index (RDI). *Water Resources Management*, 21: 821-833.
- [17] Wilhite D.A., Glantz M.H., 1985. Understanding the drought phenomenon: The role of definitions. *Water International*, 10: 111-120.