



Kayseri İlinin RDI (Reconnaissance) İndeksine Göre Kuraklığının Değerlendirilmesi

Ali ÜNLÜKARA^{1*}

Kadri YÜREKLİ²

Alper Serdar ANLI³

İnci ÖRS²

¹ Erciyes Üniversitesi Seyrani Ziraat Fakültesi Biyosistem Mühendisliği, KAYSERİ

² Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, TOKAT

³ Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, ANKARA

*Sorumlu Yazar
unlukara@gmail.com

Özet

Bu çalışmanın amacı Kayseri ilinin RDI (Reconnaissance) indeksi uyarınca kuraklık analizini gerçekleştirmektir. Kayseri merkez meteoroloji istasyonunda 1975–2009 yıllarında ölçülen aylık toplam yağış 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 edilmiş ve bu seriler kullanılarak RDI değerleri her referans periyodu için saptanmıştır. Kayseri ilinde hesaplanan RDI indekslerine göre genelde hafif kuraklık daha fazla görülmüş, orta derece, şiddetli ve aşırı kuraklıklar da zaman zaman görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Jarque-Bera test, FAO56 Penman-Monteith, Referans bitki su tüketimi, RDI indeksi

Evaluation Of The Drought Of Kayseri Province Based On Rdi (Reconnaissance) Index

Abstract

The aim of this study is to determine drought analysis of Kayseri province by using RDI (Reconnaissance) index. Monthly total rainfall amounts measured for 1975-2009 years in Kayseri Meteorological station and the ET_0 (reference evapotranspiration) computed by FAO56 Penman-Monteith relationship for the same years were used as materials. The cumulative “monthly rainfall-monthly ET_0 ratio” series for four difference reference periods (k1, January-March; k2, January-June; k3, January-September; k4, January-December) belonging to each year were constituted and the RDI values were calculated by using the series of k-reference periods. According to RDI index in Kayseri province; mild drought has been experienced much more in general, but sometimes moderate, severely and extremely drought categories has been experienced.

Key Words: Jarque-Bera test, FAO56 Penman-Monteith, Reference evapotranspiration, RDI index

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 de 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 (1996) [1], 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 (1996) [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 [3]. Belirli bir zaman periyodunda ortalamanın altında gözlenen yağışlı süreler meteorolojik kurak olarak belirtilmektedir [4].

Her üç tanıma göre de kuraklığın ana nedeninin yağışın ortalamanın 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 ülkemizde, yağışın ortalamanın 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 derecelendirmesi, 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 [5]. Ayrıca tarımsal kurak süreler, toprak nem kapasitesi ve bitki su tüketimi durumuna göre belirlenmelidir [6].

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 indeksler, 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 ETo şeklinde gösterilmektedir. 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 ETo 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.

ETo'ı etkileyen faktörler sadece iklim parametreleridir. Sonuç olarak, ETo bir iklim parametresidir ve hava verilerinden hesaplanabilmektedir. ETo bitki özelliklerini ve toprak faktörlerini dikkate almamakta, özel bir bölgede ve yılın özel bir zamanında atmosferin buharlaşma talebini ifade etmektedir. ETo'nun belirlenmesi için FAO56 Penman-Monteith yöntemi tek yöntem olarak önerilmektedir. Bu yöntem tercih edilmektedir çünkü değerlendirilen bölgede çim ETo değeriyle oldukça sıkı şekilde benzerlik göstermekte, fiziksel olarak temeli atılmış, fizyolojik ve aerodinamik parametrelerin her ikisini de açıkça birleştirmiş bir yöntemdir [7]. Atmosferin

buharlaşma talebini gösteren Referans bitki su tüketimi veya referans evapotranspirasyon (ET_0) değerleri, yılın farklı dönemlerinde karşılaştırmalar yapılabilmesine izin verdiği gibi başka bölgeler arasında da karşılaştırmalar yapılabilmesine imkân tanıyan bir standarttır. Ayrıca bitki katsayılarıyla (k_c) referans bitki su tüketiminin düzeltilmesinden sonra bitkilerin su tüketimleri (ET_c) belirlenmektedir [7].

Bu çalışmada, Kayseri ilinde ölçülen aylık toplam yağışlar ve aylık referans bitki su tüketim değerleri (ET_0) kullanılarak RDI (Reconnaissance) indeksine göre Kayseri ilinin kuraklığının değerlendirilmesi amaçlanmıştır.

MATERYAL ve YÖNTEM

Bu çalışmada Kayseri 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 Kayseri ilinin kuraklık analizini yapmak amacıyla Tsakiris ve ark. (2007) [8] verilen RDI (Reconnaissance) indeksi uygulanmıştır. Bu amaçla öncelikle gözlem yıllarının ayları için referans bitki su tüketimleri (ET_0) FAO56 Penman-Monteith ilişkisinden [7] tahmin edilmiştir. Daha sonra 3, 6, 9 ve 12 aylık zaman periyotları için RDI'nin tahmininde gerekli olan α_k değerleri aşağıdaki ilişkiden saptanmıştır: $i=1 \dots N$

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

Eşitlik 1'de P_{ij} ve ET_{0ij} sırasıyla i . yılın j . ayının toplam yağmur ve referans bitki su tüketimini (ET_0) ifade etmektedir. k -referans periyotları, $k=1$, Ocak-Mart; $k=2$, Ocak-Haziran; $k=3$, Ocak-Eylül; $k=4$, Ocak-Aralık için kümülatif α_k değerlerini göstermektedir.

RDI indeksi, seçilmiş bir zaman dilimi (k -referans periyodu) için hesaplanan (α_k^i) değerlerinin hesaplanan α_k^i değerleri ortalamasından sapmasının hesaplanan α_k^i değerlerinin standart sapmasına bölünmesi ile elde edilir.

$$RDI = \frac{\alpha_k^i - \mu_\alpha}{\sigma_\alpha} \quad (2)$$

μ_α ve σ_α , sırasıyla α_k 'nin ortalama ve Standard sapmasıdır. Bu ilişkiden RDI değerlerini elde etmek için α_k değerlerinin normal dağılım göstermesi gerekir. Tsakiris ve ark. (2006) [9] α_k 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 değerlerinin frekans dağılımının normalliği test edilmelidir.

Normallik Testi

Kayseri ilinin kuraklığını değerlendirmek amacıyla kullanılan RDI indeksi, Eşitlik 1'den elde edilen α_k değerlerine ait zaman serisinin normal dağılım göstermesi durumunda kullanılacağından, hesaplanan verinin normalite koşulunu yerine getirmesi gerekmektedir. Bu amaçla k -referans periyodu için elde edilen α_k değerlerine Jarque-Bera (JB) testi uygulanmıştır. Bu teste ait ilişki aşağıda verilmiştir.

Jarque-Bera (JB) Test

Bu test çarpıklık ve basıklık katsayısına bağlıdır. Bu teste ait ilişki aşağıda verilmiştir [10].

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

Eşitlikte 3'te n gözlem sayısı, s çarpıklık katsayısı, k basıklık katsayısıdır. Jarque-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 verinin dağılımın normalliği ile ilgili yapılan hipotez kabul edilir. Tersi 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 (α_k) normal bir dağılım göstermediğine karar verilir. Hesaplanmış verinin normal dağılım göstermemesi durumunda öncelikle logaritmik dönüşüm yapılarak dönüştürülmüş veriye tekrar Jarque-Bera testi uygulanır ve normalliği kontrol edilir. Bu durumda da normalleşme gerçekleşmemişse, hesaplanmış veri gama dağılımına uydurulur. Daha sonra her hesaplanmış (α_k) değerinin gama dağılımındaki kümülatif olasılığına karşılık Standart normal dağılımdaki karşılığı olan Z -değeri (RDI) tahmin edilir.

Meteorolojik kuraklık indisi olan normalleştirilmiş yağış indeksine (SPI) ait kuraklık kategorileri, RDI kuraklık indisi için de kullanılmaktadır [11]. Bu kategoriler Çizelge 1'de verilmiştir.

Eşitlik 1'den hesaplanan (α_k) değerlerinin normalleştirilmesi sonucunda seçilen zaman dilimi içinde hem kurak hem de nemli dönemler aynı şekilde temsil edilmiş olunur. RDI değerleri dikkate alınarak yapılan kuraklık değerlendirmesinde indeksin sürekli olarak negatif olduğu zaman periyodu kurak dönem olarak tanımlanır.

Çizelge 1. RDI kuraklık kategorileri

Kuraklık Kategorisi	RDI
Kuraklık yok	$RDI \geq 0.0$
Hafif kurak	$-1.0 \leq RDI < 0.0$
Orta derece kurak	$-1.5 \leq RDI < -1.0$
Şiddetli kurak	$-2.0 \leq RDI < -1.5$
Aşırı kurak	$RDI < -2.0$

$$ET_0 = \frac{0.408 \Delta (R_n - G) + \gamma \frac{900}{T + 273} u_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma (1 + 0.34 u_2)} \quad (4)$$

Referans Bitki Su Tüketimi (ET_0)

Atmosferin buharlaşma talebini gösteren referans bitki su tüketimi (ET_0) ise Allen et al. (1998) [7]'de belirtilen yöntemler takip edilerek aşağıdaki eşitlikle hesaplanmıştır:

Eşitlikte;

- ET_0 : Referans evapotranspirasyon (mm gün⁻¹),
- R_n : Bitki yüzeyindeki net radyasyon (MJ m⁻²gün⁻¹),
- G : Toprak ısı akış yoğunluğu (MJ m⁻²gün⁻¹),
- T : 2 m yükseklikte ortalama günlük hava sıcaklığı (°C),
- U_2 : 2 m yükseklikte rüzgar hızı (m s⁻¹),
- e_s : Doygun buhar basıncı (kPa),
- e_a : Gerçek buhar basıncı (kPa),
- $e_s - e_a$: Doygun buhar basıncı açığı (kPa),
- D : Buhar basıncı eğrisinin eğimi (kPa °C⁻¹),
- g : Psikrometrik sabit (kPa °C⁻¹).

Referans bitki su tüketimi hesaplanmasında Kayseri ili 1975-2009 yılları arası kaydedilen meteorolojik verilerden aylık ortalamalar olarak maksimum ve minimum sıcaklıklar, maksimum ve minimum bağıl nem değerleri, güneş radyasyonu ve rüzgâr hızı verileri kullanılmıştır.

ARAŞTIRMA BULGULARI

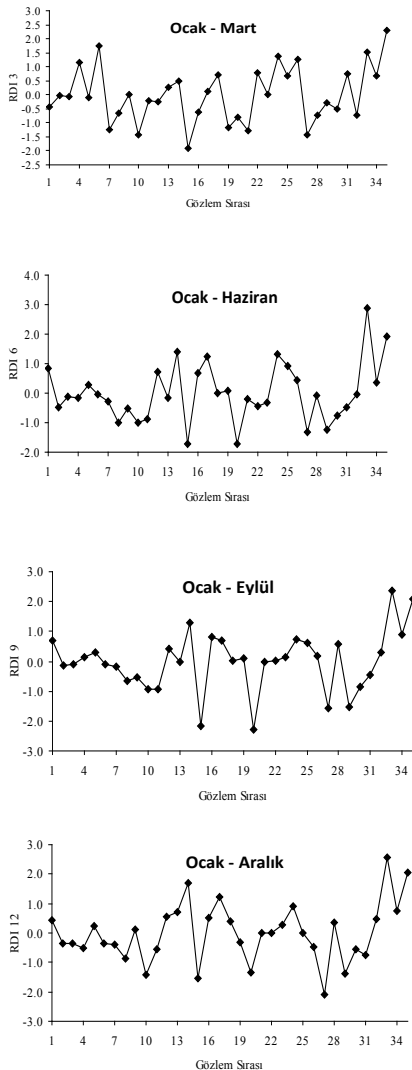
Dört k -referans periyotları için elde edilen kümülatif yağmur serilerinin normal dağılıma uygunluğunu test etmek için yararlanılan Jarque-Bera testi sonuçlarına göre; elde edilen serilerden $k1$ ve $k2$ referans periyotları normal dağılım göstermiş, $k3$ ve $k4$ periyotları ise normal dağılım göstermemiştir. Bu yüzden $k3$ ve $k4$ serileri logaritmik dönüşüm sonucu tekrar Jarque-Bera testine tabi tutulmuş ve normallik sağlanmıştır (Çizelge 2). Böylece Kayseri ilinin 1975-2009 yılları RDI kuraklık indisleri, Eşitlik 2'de verilen ilişkinin doğrudan kullanılmasıyla hesaplanmıştır.

Çizelge 2. k -referans periyotları için α_k ile ilgili normalite sonuçları

İstatistikler	k -referans periyotları			
	$k1$	$k2$	$k3$ ($\log \alpha_k$)	$k4$ ($\log \alpha_k$)
Ortalama	0.51998	0.37919	-0.63823	-0.56930
Standart Sapma	0.16636	0.12165	0.14668	0.11734
Çarpıklık	0.27510	0.66615	-0.16849	0.35045
Basıklık	-0.39859	0.88769	0.89713	0.56781
T_{JB}	0.98796	2.40079	-0.63823	-0.56930
T_{JB} -olasılık (p)	0.61	0.30	0.83	0.73
p > 0.05 olduğundan normal dağılım göstermiştir				

Araştırmada göz önüne alınan *k*-referans periyotlarına göre elde edilen RDI değerlerinin değişiminin grafikleri sırası ile Şekil 1’de verilmiştir. Şekil 1 incelendiğinde en çok kuraklık 21 defa ile Ocak – Haziran döneminde, en az kuraklık 16 defa ile Ocak – Eylül döneminde görülmüştür. Aşırı kuraklıklar Ocak – Eylül döneminde 2, Ocak – Aralık döneminde ise 1 defa meydana gelmiştir. Şiddetli kuraklıklar Ocak – Mart ve Ocak - Aralık dönemlerinde 1’er, Ocak – Haziran ve Ocak – Eylül dönemlerinde 2’şer, Orta şiddetli kuraklıklar da Ocak – Mart döneminde 5, Ocak – Haziran döneminde 4 ve Ocak – Aralık döneminde ise 3 defa görülmüş ancak Ocak – Eylül döneminde orta şiddetli kuraklık izlenmemiştir. Hafif kuraklıklar ise Ocak – Haziran döneminde 15, Ocak – Mart ve Ocak – Aralık dönemlerinde 13’er ve Ocak – Eylül döneminde ise 12 defa görülmüştür. Bu periyotların gözlem süresince diğer yıllarında ise ıslak süreler izlenmiştir.

3Diğer yandan 1989 yılında Ocak – Eylül döneminde aşırı, Ocak – Mart, Ocak – Haziran ve Ocak - Aralık dönemlerinde ise şiddetli kuraklıklar görülmüştür. Dolayısıyla 1989 yılının oldukça kurak geçtiği söylenebilir.

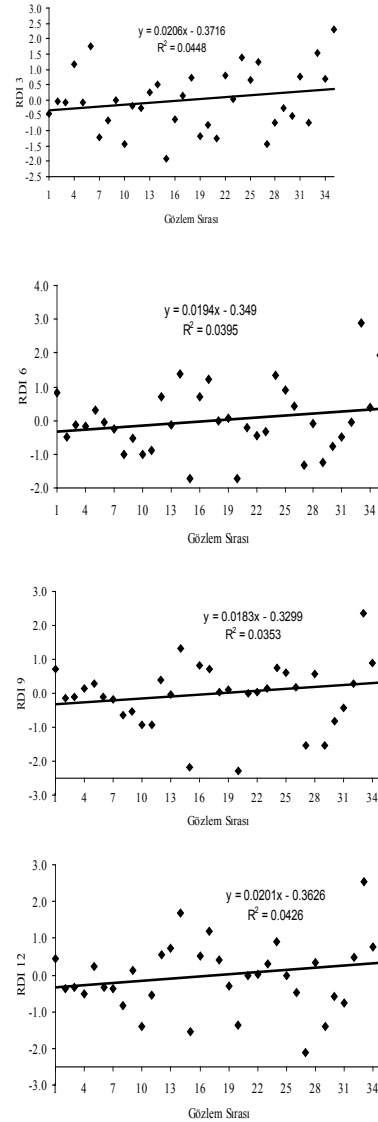


Şekil 1. *k*-referans periyotlarına göre elde edilen RDI değerlerinin değişiminin grafikleri

1994 yılında Ocak – Mart döneminde hafif, Ocak Haziran döneminde şiddetli, Ocak – Eylül döneminde aşırı ve Ocak – Aralık döneminde orta şiddetli kuraklık meydana gelmiştir. 2001 yılında da Ocak – Mart ve Ocak – Haziran dönemlerinde orta şiddetli, Ocak – Eylül döneminde şiddetli ve Ocak – Aralık döneminde aşırı kuraklık görülmüştür. 1984 ve 2003 yıllarında genellikle orta şiddetli kuraklık görülürken, 1976, 1977, 1985 ve 2004 yıllarında tamamen hafif kuraklıklar izlenmiş, 1981, 1982 ve 1995 yıllarında ise genelde hafif bazı dönemlerde de orta şiddetli kuraklıklar meydana gelmiştir.

En uzun kurak süreler 1980 – 1985 yılları boyunca Ocak – Haziran ve Ocak – Eylül dönemlerinde, 2001 – 2006 yılları boyunca Ocak – Haziran döneminde görülmüştür.

Şekil 2 incelenip tüm dönemler göz önüne alındığında gözlem süresinde 1975 yılından 2009 yılına doğru RDI indekslerinde artan bir eğilimin olduğu, yani geçmişten günümüze doğru pozitif yönde bir eğilim olduğu söylenebilir.



Şekil 2. *k*-referans periyotlarına göre elde edilen RDI değerlerinin eğilimi

Bu araştırmada Kayseri ilinde ölçölen aylık toplam yağışlar ve aylık referans bitki su tüketim değerleri (ET_0) kullanılarak RDI (Reconnaissance) indeksine göre Kayseri ilinin kuraklığının değerlendirilmesi gerçekleştirilmeye çalışılmıştır. Buna göre Kayseri ilinde söz konusu kuraklık indeksine göre çoğunlukla hafif kuraklık meydana gelmiş, ancak orta şiddetli, şiddetli ve aşırı kuraklıklar az olmakla birlikte görölmüşür. 1975 – 2009 yılları arasında da oldukça fazla sayıda ıslak süre izlenmiş, 35 yıllık gözlem süresince kurak süreler, ıslak süreler göre biraz daha fazla sayıda meydana gelmiştir.

KAYNAKLAR

- [1] Le Houerou, H.N., 1996. Climate Change, Drought and Desertification; Journal of Arid Environments. 34, 133-185.
- [2] Agnew, C.T., Warren, A. 1996., A framework for tackling drought and degradation: Journal of Arid Environments, 33: 309-320.
- [3] Palmer, W.C., 1965. Meteorological Drought. Research Paper No. 45, U.S. Weather Bureau, Washington, D.C.
- [4] Agnew, C.T., 1990. Spacial aspects of drought in the Sahel. Journal of Arid Environments, 18: 279-293.
- [5] Wilhite, D.A., Glantz, M.H., 1985. Understanding the drought phenomenon: The role of definitions: Water International. 10: 111-120.
- [6] Okman, C., 1981. The Recurrence Probability of Agricultural Drought Spells in Ankara Province: University of Ankara press, Publication Number 777, Ankara.
- [7] Allen, R.G., Pereira L.S., Raes D., Smith M., 1998. Crop Evapotranspiration (guidelines for computing crop water requirements): FAO Irrigation and Drainage Paper No. 56.
- [8] Tsakiris G., Pangalou D., Vangelis H., 2007. Regional drought assessment based on the Reconnaissance Drought Index (RDI): Water Resources Management, 21: 821-833.
- [9] Tsakiris, G., Nalbantis, I., Pangalou, D., Tigkas, D., Vangelis, H., 2006. Drought meteorological monitoring network design for the Reconnaissance Drought Index (RDI): Options Mediterraneeennes, Series A, 80: 57-62.
- [10] Jarque, C.M., Bera, A.K., 1987. A test for normality of observations and regression residuals: International Statistical Review. C.55: 163–172.
- [11] Nalbantis, I. Tsakiris, G., 2009. Assessment of hydrological drought revisited: Water Resources Management, 23 (5): 881-897.