

# Van Gölü Havzası'nın Kuraklık Analizi

## Van Lake Basin Drought Analysis

Hurşit YETMEN \*

### Özet :

Bu çalışmada Van Gölü Havzası'nın kuraklık özellikleri Standart Yağış İndeksi (SYİ) yöntemiyle incelenmiştir. İndeks değerlerinin 0 (sıfır)'ın altına düşmesi kuraklığı, indeks değerlerinin 0 (sıfır)'ın üstüne çıkması ise nemli/yağışlı dönemleri temsil etmektedir. Bu yöntem normal dağılıma sahip olduğu için nemli dönemler de kurak dönemlerle eşit oranda temsil edilir ve böylece nemli/yağışlı dönemlerin de takibi yapılabilmektedir. Van Gölü Havzası için hesaplanan 1 ay, 3 ay ve 12 aylık SYİ serilerinden havzada toplam kuraklık olasılığının yaklaşık olarak %45 olduğu tespit edilmiştir. 1975-2008 yılları arasındaki dönemde havzadaki en uzun ve en şiddetli kurak dönem 1996-2002 yılları arasında yaşanmıştır. Bu periyotta 2000 ve 2001 yıllarında olağanüstü kurak koşullar Tatvan istasyonunda aralıksız 11 ay, Van istasyonunda da 12 ay sürmüştür.

Van Gölü Havzası'ndaki kurak dönemlerin Kuzey Atlantik Salınımı (KAS) indeksleriyle ilgisinin ne düzeyde olduğu Pearson korelasyon katsayısıyla belirlenmiştir. Buna göre ocak-şubat-mart aylarını kapsayan 3 aylık SYİ serileri ile aynı ayları kapsayan KAS mevsimlik indeksi arasında orta seviyede negatif korelasyon katsayıları bulunmuştur.

**Anahtar kelimeler:** Kuraklık, Van Gölü Havzası, Standart Yağış İndeksi, Pearson korelasyon katsayısı, Kuzey Atlantik Salınımı.

\* Ankara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Doktora Öğrencisi

**Abstract :**

In this study, drought characteristics of the Lake Van Basin are investigated with SPI method. The drought begins when the SPI first falls below 0 (zero) and ends with the positive value of SPI following a value of negative. The SPI is normalized so it can be used to represent wet periods as well as dry periods. Thus, wetter and drier periods can be monitored in a similar way. SPI calculation of the 1-month, 3-month and 12-month for Lake Van Basin determined that the total drought probability is about %45 for the basin. The longest and the most severe drought in the basin occurred between the years 1996-2002 in the period 1975-2008. During these six years, extreme droughts are recorded continuously for 11 and 12 months according to Tatvan and Van meteorology stations respectively in the period 2000-2001.

The grade of relevance between drought periods in Lake Van Basin and North Atlantic Oscillation index is determined by the Pearson correlation coefficient. Accordingly, moderate negative correlation coefficients are obtained between the 3-month SPI series including january-february-march and seasonal NAO index that includes same months.

**Key words:** Drought, Lake Van Basin, Standard Precipitation Index, Pearson correlation coefficient, North Atlantic Oscillation.

**Giriş :**

Kuraklık, yaygın ve teknik kullanım yönünden göreceli bir kavram olup farklı bölgeler ve farklı kaynaklar için ayrı ayrı tanımlanabilir. Coğrafya, atmosfer bilimleri ve çevre bilimleri kuraklık için farklı tanımlar geliştirmiştir. Bu tanımlar farklı disiplinlerin bakış açısını yansıttığı için tam olarak örtüşmeler de genel olarak “yağış eksikliği”, “uzun bir süre devam etmesi” ve “olumsuz etkilerin ortaya çıkması” noktalarında birleşmektedirler. Buna dayanarak **kuraklık**, belirli bir bölgede ortalama yağış değerlerinden daha az yağışın gerçekleşmesiyle başlayan ve aylar veya yıllarca süren, suya bağımlı tüm doğal/beşeri ortam bileşenleri üzerinde bir baskı oluşturan su eksikliği olarak tanımlanabilir.

Wilhite ve Glantz (1985), iklimle ilgili bilim çevreleri ve kuraklığı takip eden bölgesel/uluslar arası birçok kuruluş (ör. National Drought Mitigation Center (NDMC-ABD ve MGM) tarafından da kabul gören, kuraklığın ölçümü/değerlendirmesi için *meteorolojik, hidrolojik, tarımsal ve sosyoekonomik* olmak üzere dört temel yaklaşıma göre kuraklık kategorilerini önermişlerdir. Bunlardan ilk üçü kuraklığı fiziksel bir olay olarak ölçmeyle ilgilendirirler. Sonuncusu ise su açığının sosyoekonomik sistemlerde neden olduğu dalgalanmaları izleyerek kuraklığı arz ve talep açısından ele alır (<http://drought.unl.edu/DroughtBasics/TypesofDrought>).

Meteorolojik kuraklık, hidrolojik ve tarımsal kuraklıktan önce başlar. Bu nedenle uzun ve şiddetli seyreden hidrolojik ve tarımsal kuraklıkların ortaya çıkması

doğrudan meteorolojik kuraklığa bağlanabilir. Kurak ve yarı kurak iklim bölgelerinde yağış değişebilirliği çok fazla olduğu için (Shadeed ve Masri, 2007) bu iklim bölgelerinde kuraklık olayları daha büyük ekolojik/ekonomik kayıplara neden olabilir.

Kuraklık, iklim sisteminin doğasından kaynaklanan ve herhangi bir mevsimde veya belirli bir zaman diliminde, herhangi bir iklim bölgesinde meydana gelebilir. Kuraklık, geçici bir süreliğine 'iklim normallerinden sapma' durumu olup iklimin kalıcı bir özelliği olarak, çok az miktarda yağış alan iklim bölgelerini tanımlamak için kullanılan 'aridite'den farklı bir kavramdır (www.pdc.org).

İklim değişimleri, normal değerlerin altındaki yağış, düşük toprak nemi, sıcak ve kuru hava gibi birçok faktörün etkisiyle meydana gelir. Karalar üzerinde bulunan su kaynaklarının devamlılığını sağlayan temel kaynak yağışlar olduğundan, yağışlardaki herhangi bir geçici düşüş kuraklığın başlıca nedenidir. Yağışlardaki anormallikler iklim değişikliğinin doğal ve yinelenen bir özelliğidir. Yapılan araştırmalar göstermiştir ki; meteorolojik kuraklık hiçbir zaman tek bir nedene bağlı olarak değil, birbiriyle ilişkili pek çok nedene bağlı olarak ortaya çıkmaktadır. Yağışların yanında kuraklığın oluşmasında ve şekillenmesinde payı olan etmenler sıcaklık, nemlilik, buharlaşma, rüzgâr hızı ve basınç gibi etmenlerdir.

Kuraklık geçmişten günümüze insan ve faaliyetleri ile diğer canlıların su kaynaklarına olan bağımlılığı nedeniyle toplum ve ekosistemler üzerinde çeşitli olumsuz etkilere neden olagelmıştır. Kuraklık birçok yönüyle diğer doğal afetlerden ayrılır. Çok kısa sürede gelişen ve ciddi tahribatlara yol açan jeolojik veya hidro-meteorolojik karakterli afetlere oranla kuraklık daha uzun bir zaman dilimine yayılır. İklimbilimciler kuraklığın frekansını, süresini, şiddetini ve etki alanını bazı istatistiksel yöntemlerle araştırarak kuraklık tahmini için daha etkin araçlar geliştirmektedir. Özellikle kurak ve yarı kurak iklim bölgelerinde planlama ve yatırım yapan ya da karar verici konumda bulunanlara daha fazla bilgi sağlayacak bilimsel çalışmalar büyük önem taşımaktadır.

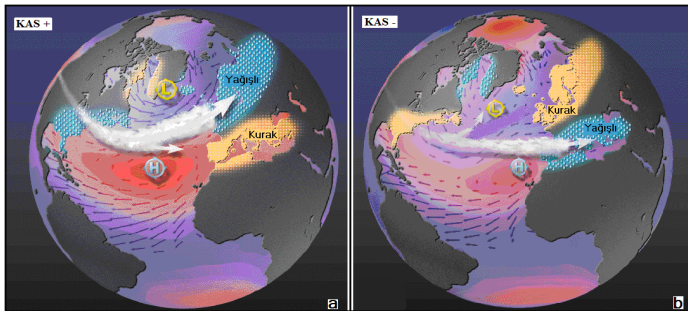
Van Gölü Havzası'nda gelişen kuraklık olayları, başta Van Gölü'nün su seviyesi ile ilişkili doğal ve beşeri unsurlar olmak üzere havzadaki diğer yer üstü ve yer altı su kaynaklarını etkilemektedir. Bu çalışmada, belirli bir zaman diliminde meydana gelen kuraklık olayının yer altı ve yer üstü su kaynakları ile toprak nemini eş zamanlı etkilemediği gerçeğini nesnel biçimde yansıtabilen SYİ yöntemi kullanılmıştır. Aylık toplam yağış serisini kullanarak farklı zaman ölçekleri için (1 aylık, 3 aylık, 12 aylık vs.) kurak/nemli dönemleri hesaplayabilen SYİ yöntemi, havzadaki Van ve Tatvan meteoroloji istasyonlarında 1975-2008 yılları arasında kaydedilen yağış verilerine uygulanmıştır. Havzada farklı seviyelerdeki kuraklığın iki istasyona dayanan zamansal değişimi, kuraklık süresi, kuraklık olasılığı ve kuraklık şiddetinin yanında Türkiye'de kuraklık/yağış olaylarını etkileyen bir faktör olarak KAS'ın rolü incelenmiştir.

## Materyal ve Yöntem

### 1. Yağış Verileri ve KAS İndeksleri

Van Gölü Havzası'nda yağış ve kuraklık karakteristiklerinin belirlenmesi için kullanılan aylık toplam yağışlar, iklimsel hesaplamalar için öngörülen 30 yıldan az olmama ölçütüne uygun olarak 1975-2008 dönemini kapsamaktadır. Söz konusu dönemde Meteoroloji Genel Müdürlüğü'ne bağlı Van ve Tatvan meteoroloji istasyonlarının aylık yağış verileri kullanılmıştır. Havza'daki kuraklık olaylarının KAS ile ilişkilerinin anlaşılabilmesi için kullanılan KAS indeksleri, Azor ve İzlanda basınç merkezleri arasında ortaya çıkan salınımın değişim değerini yansıtan istasyon tabanlı (station-based) indekslerdir. İzlanda alçak basıncı için Stykkisholmur-İzlanda, Azor yüksek basıncı için ise Ponta Delgada-Azor Adaları, Lizbon-Portekiz ya da Cebelitarık istasyonlarının deniz seviyesine indirgenmiş basınç değerleri kullanılmaktadır. İndeksler yıllık, mevsimlik veya aylık olarak hazırlanmaktadır. KAS'ın etkinliğinin en fazla olduğu dönem, aralık-mart ayları arasındaki zaman dilimini kapsadığından, bu dört ayı içine alan bir indeks de ayrıca hazırlanmaktadır.

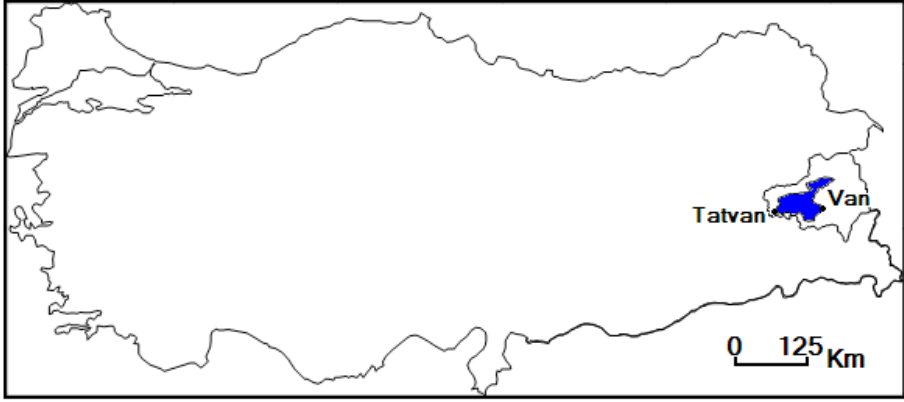
KAS indeksi pozitif evresindeyken Azor antisiklon alanında basınç değerleri normalden daha yüksektir. Aynı anda İzlanda siklon alanında ise basınç değerleri normalin altında seyrederek. Bu dönemde yer seviyesine yakın batı rüzgârları kuvvetlenir ve indeksin negatif evresine oranla yaklaşık 8 m/sn daha hızlı eser (Hurrell,1995a). Batı rüzgârları, Subtropikal Atlantik'teki denizel tropikal (mT) hava kütlelerini Kuzeybatı Avrupa'ya taşırlar. Bu evrede Akdeniz Havzası ve Orta Doğu, Arktik Kanada'nın doğusu ve Grönland batı rüzgârlarının taşıdığı nemli hava kütlelerinden yararlanamadığı için kuraktır (Şekil 1a). KAS indeksi negatif evresindeyken Azor ile İzlanda arasındaki basınç farkı azalmaktadır. Azor yüksek basıncı, normal basınç değerinin altında; İzlanda alçak basıncı ise normal basınç değerinin üstündedir. Bu dönemde azalan basınç gradyanı nedeniyle batı rüzgârları zayıflamaktadır. Bu nedenle Akdeniz Havzası, Kuzey Atlantik üzerinden yağış getiren sistemlerin etkisinde kalmaktadır (Şekil 1b). Kuzeybatı Avrupa ise bu dönemde soğuk ve kuru hava kütlelerinin etkisinde soğuk ve az yağışlı kışlar geçirir (Hurrell, 1995a).



**Şekil 1.** KAS'ın pozitif ve negatif evrelerinde yağışlı ve kurak bölgelerin dağılışı (<http://www.ldeo.columbia.edu/res/pi/NAO/>).

## 2. Van Gölü Havzası

Doğu Anadolu'da bulunan Van Gölü (Şekil 2), Muş-Van depresyonunda Pleistosen'de meydana gelen volkanik püskürmelerin neden olduğu lav akışının oluşturduğu bir set gölüdür (Erinç, 1953). Etrafı yüksek dağlar ve platolarla çevrilidir. 16000 km<sup>2</sup>'yi aşan yağış alanına sahip kapalı bir havzaya yerleşen Van Gölü'nün sodalı suları, yaklaşık 3600 km<sup>2</sup>'lik bir yüzey alanına sahiptir. Yıl içinde ortalama 50 cm'lik bir salınım yapan göl seviyesi havzanın iklim koşullarından dolayı Temmuz ayında en yüksek, Ocak ayında ise en düşüktür (Batur vd., 2008). Van Gölü kapalı bir havzada yer alan ve dışı akışı olmayan bir göl olduğu için göl hacmi ve seviyesi, göl yüzeyinden meydana gelen buharlaşma, havzadaki akarsu akımı ve yağış olayları arasındaki dengenin bir fonksiyonu olarak değişimler gösterebilmektedir. Büyüklük bakımından dünyanın sayılı sodalı göllerinden olan Van Gölü, kıyı kuşağında kış mevsiminin daha ılıman geçmesine de neden olur.



Şekil 2. Van Gölü Havzası, Van ve Tatvan meteoroloji istasyonlarının konumu.

## 3. Standart Yağış İndeksi (SYİ)

SYİ metodu, 1993 yılında McKee, Doesken ve Kleist tarafından geliştirilmiştir. Bu yöntemde ihtiyaç duyulan tek meteorolojik değişken yağıştır. En önemli avantajı, yeraltı ve yerüstü su kaynakları ile tarımsal faaliyetler üzerinde yağış eksikliğine bağlı olarak meydana gelen kuraklık etkisini belirlemek için farklı zaman ölçeklerinin kullanılabilmesidir. Belirli bir istasyondaki yağış verilerinden hesaplanan SYİ değerlerinin ait olduğu kuraklık sınıfları (Tablo 1) ve olasılıkları belirlenerek kuraklıkla mücadele planları için önemli bilgiler sağlanabilmektedir.

Bu yöntemde en az 30 yıllık yağış kayıtları kullanılır. Yağış zaman serisi aylık toplam yağışlar şeklinde düzenlenerek hesaplamalar yapılır. SYİ, belirlenen zaman dilimi (1, 3, 6, 9, 12, 24 ay) içinde yağışın ortalamadan olan farkının standart sapmaya bölünmesi ile elde edilir:

$$SY\dot{Y} = \frac{X_i - \bar{X}_i}{\sigma}$$

Bu eşitlikte  $X_i$ , aylık yağış miktarını;  $\bar{X}_i$ , yağış serisinin ortalamasını ve  $\sigma$ , yağış serisinin standart sapmasıdır.

Yağış 12 ay ve daha kısa periyotlarda normal dağılıma uymadığı için SYİ'nin normal dağılıma dönüştürülmesi gerekir. Her zaman dilimindeki veri dizileri kayan bir özellikte olup o ayın indeks değeri önceki ayların değerlerine göre belirlenir. Daha sonra her veri setine Gama dağılımı uydurulur ve böylece gözlenmiş yağış olasılıkları tanımlanır. Bu prosedür için yağış serisini en iyi temsil eden Gamma dağılımı kullanılır (Thom, 1958). Yani aylık yağış frekansı dağılımına Gamma olasılık yoğunluk fonksiyonu uydurulur. Gamma olasılık yoğunluk fonksiyonu aşağıdaki eşitlikle hesaplanır.

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

Bu eşitlikte;  $x > 0$   $x$ , yağış miktarını;  $\alpha > 0$ ,  $\alpha$  şekil parametresini;  $\beta > 0$ ,  $\beta$  ölçek parametresini ve  $\Gamma(\alpha)$ , Gamma fonksiyonunu ifade eder. Gamma dağılımının  $\alpha$  ve  $\beta$  parametrelerinin tahmininde maksimum olasılık çözümlenmeleri aşağıdaki eşitliklerle hesaplanır:

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

Bu eşitliklerde  $A$ ,

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

denklemleriyle hesaplanır. Burada  $n$ , yağış gözlemlerinin sayısıdır. Bu parametreler hesaplandıktan sonra herhangi bir ayda gözlenmiş bir yağış değerinin 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 fakat yağış dağılımı sıfır (0) içerebilmektedir. Bu durumda kümülatif olasılık dağılımı aşağıdaki şekilde tanımlanır:

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

Bu eşitlikte  $q$ , yağışların bulunmama olasılığını ifade eder. Başka bir ifadeyle, yağışsız günlerin yüzdesidir. Eğer,  $m$  yağış zaman serisinde yağışsız günlerin sayısı ise, bu yüzde;

$$q = m / n$$

olarak hesaplanabilir (Şen, 2003).

Kümülatif olasılık değeri  $H(x)$ , ortalaması sıfır (0) ve varyansı bir (1) olan SPI değerini ifade eden standart normal rastgele değerli  $Z$  değişkenine dönüştürülür.

$H(x)$ , SYİ'nin değeridir. Bu durum Panofsky ve Brier (1958) tarafından tanımlanan formun dağılımının, bir değişim olarak yeni bir dağılıma dönüşümü için gerekli olan bir özelliktir. SYİ değerlerinin normalleştirilmesiyle bir istasyona ait yağış dizilerinde hem zaman ve hem de alan bazında olan değişkenliklerin dikkate alınması sağlanmaktadır (McKee vd. 1993; Guttman, 1999).

SYİ DEĞERLERİ	SINIFLANDIRMA
0 ile -0.99	Hafif Kurak
-1.00 ile -1.49	Orta Kurak
-1.50 ile -1.99	Şiddetli Kurak
-2.00 ve düşük	Olağanüstü Kurak

**Tablo 1.** SYİ değerleri ve kuraklık/nemlilik sınıflandırması.

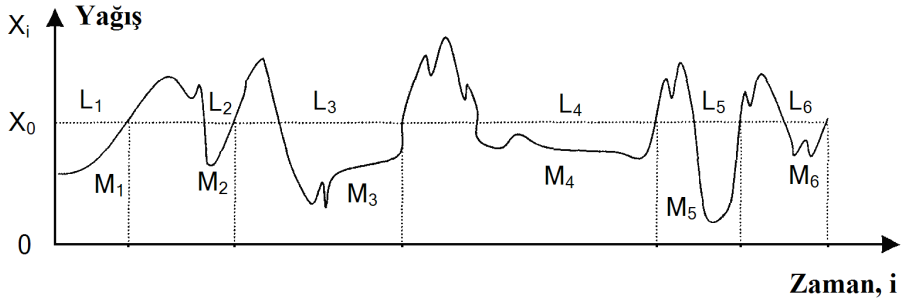
#### 4. Gidişler Analizi

Kaydedilmiş verilerden yararlanarak geçmişte yaşanan kuraklıkların süresi, şiddeti, sıklığı ve alansal kapsamı gibi kuraklık karakteristikleri hesaplanabilir. Elde edilen verilerden mevcut durumda veya gelecekte yaşanabilecek kuraklıklarla benzeşim kurulabilir.

Bir bölgedeki yağış serisi veya hesaplanmış bir kuraklık indeksi kullanılarak belirlenecek sabit bir seviyeye göre değerlerin zamanla gösterdiği değişim kuraklıkla ilgili özelliklerin anlaşılmasını kolaylaştırabilir. Elde edilecek bir gidiş grafiğindeki eğrinin gün, hafta, ay veya yıl gibi bir alt zaman birimine sahip olduğu düşünülmelidir (Şen, 2003).

Gidiş çizgisinin belirlenen sabit seviye ile karşılaştırılması sonucunda tanımlanan kuraklık büyüklüklerinden yararlanarak kuraklık değerlendirmeleri yapılabilir. Belirli bir zaman dilimindeki kurak dönemler, kuraklığın başlangıcı ve bitişi, kurak dönemlerin sayısı, kuraklık süresi, kuraklığın büyüklüğü, kuraklık şiddeti ve kuraklık olasılığı gibi değişkenler gidiş çizgisinin belirlenen sabit seviye ile kar-

şılaştırılmasıyla elde edilebilir (Şen, 2003).



Şekil 3. Kurak ve nemli/yağışlı gidişler ( $M_j$  : eksiklik;  $L_j$  : kurak süre)

Kurak ve nemli/yağışlı gidişler grafiğindeki bütün kurak periyotlar  $L_1, L_2, \dots, L_m$  olarak kabul edilirse; "m" her bir kesme seviyesi (SYİ kuraklık sınırı) için kurak periyot sayısıdır. Toplam kuraklık genliği her kurak periyottaki eksikliklerin toplamı olarak elde edilir ve kurak genliklerin serisi  $M_1, M_2, \dots, M_m$  olarak gösterilir (Şekil 3). Serideki j-inci eksikliklerin toplamı ( $M_j$ ) ise;

$$M_j = \sum_{i=t}^m |X_0 - X_i|$$

eşitliği ile hesaplanır. Eşitlikteki  $X_0$ , tanımlanan her SYİ kuraklık sınıfı için kesim seviyesi ve  $X_i$ , tanımlanan standartlaştırılmış seridir.

Bir istasyon için hesaplanmış SYİ serisinden kuraklık şiddeti ( $I_j$ ), kuraklık genliğinin ( $M_j$ ) kuraklık süresine ( $L_j$ ) bölünmesiyle elde edilir ve aşağıdaki gibi gösterilir:

$$I_j = \frac{M_j}{L_j} \quad (\text{Sırdaş, 2002}).$$

### Bulgular ve Tartışma

Aylık toplam yağış serileri incelenen Van ve Tatvan istasyonları yağış miktarı bakımından, yakın konumlarına rağmen yıllık ortalamada 438 mm'lik bir fark göstermektedir (Tatvan: 820 mm, Van: 382 mm). Bu farkın temel nedeni özellikle ilkbahar aylarında frekansı artan ve kuzeydoğuya doğru yönelen Doğu Akdeniz



kökenli depresyonların veya kış mevsimindeki orta enlem gezici depresyonlarının Güneydoğu Toroslar'ı Bitlis Vadisi üzerinden katederek Tatvan'a ve Van Gölü Havzası'nın batı kısımlarına ulaşması ile ilgili olabilir (Türkeş, 1990). Van Gölü Havzası'nın doğu ve batı kısımlarını temsil ettiği düşünülen Van ve Tatvan istasyonlarının yağış serileri incelendiğinde iki istasyon arasında yağış rejimi bakımından önemli bir fark görülmemiştir. Erinç'in (1996) yaptığı yağış rejimi sınıflamasına göre İç Anadolu Geçiş Rejimi'ne uyan havzada mevsimsel hava dolaşım şartlarına bağlı olarak en yağışlı mevsimler ilkbahar ve kış; en az yağışlı mevsim yazdır. Genellikle en çok yağış ilkbahara doğru kayma gösterir. Tatvan'ın mevsimlik yağış toplamları incelendiğinde ilkbahar mevsimi yağışları yıllık toplam yağışın yaklaşık %41,2'si; kış mevsimi yağışları da yıllık toplam yağışın %30,8'idir. Van Gölü'nün doğu kıyısında bulunan Van istasyonu ise kış aylarında ve yıllık ortalama genellikle doğu sektörlü rüzgarların etkisindedir (Duman, 2011; Kalelioğlu, 1992). Bu durum topoğrafya şartlarıyla birlikte düşünüldüğünde hava hareketinin sübsidansa ve bununla birlikte yağış şartlarının ortadan kalkmasına neden olduğu söylenebilir. Ayrıca bu hava hareketinin etkisiyle gölün doğu kıyılarında hava kararlı duruma geçebilir ve bu da yağış koşullarını ortadan kaldırır. Kış aylarında Hazar havzasından kaynaklanan karasal polar (cP) hava kütlelerinin neden olduğu az yağışlı ve soğuk koşulların iç bölgelerde kuraklığa neden olduğu bilinmektedir (Çiçek ve Ataol, 2009). Van istasyonunun Tatvan'a göre daha düşük yağış alması son anılan faktörlerle açıklanabilir.

İstasyonlar	Kış (%)	İlkbahar (%)	Yaz (%)	Sonbahar (%)
<b>Tatvan</b>	30,82	<b>41,21</b>	<b>4,3</b>	23,67
<b>Van</b>	26,45	<b>38,81</b>	<b>7,1</b>	27,64

**Tablo 2.** Tatvan ve Van istasyonlarında yağışın mevsimlere dağılışı.

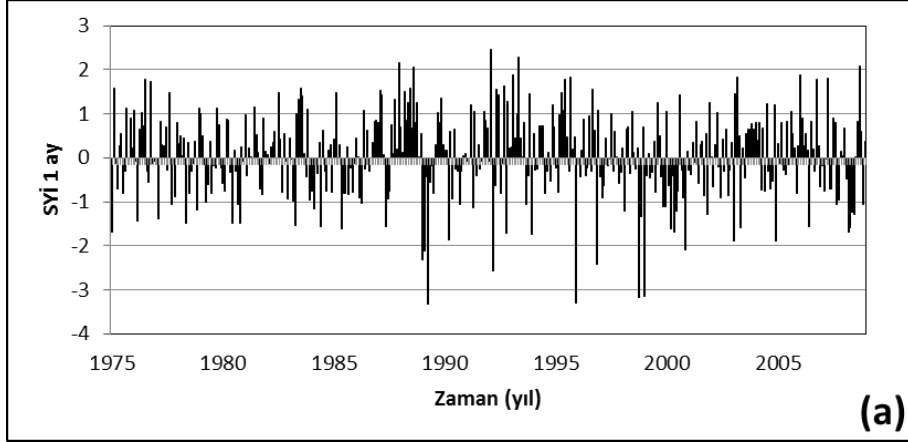
İncelenen istasyonlarda yağışın mevsimlere dağılışı benzerlik göstermekle birlikte bazı farklar görülmektedir. Her iki istasyonda da en çok yağış alan mevsim ilkbahar, en az yağış alan mevsim yazdır (Tablo 2). Fakat Tatvan istasyonunda kış mevsimi yağışlarının toplam yıllık yağışa oranı Van'a göre daha fazlayken Van istasyonunda da sonbahar yağışlarının toplam yıllık yağışa oranı Tatvan'a göre daha fazladır.

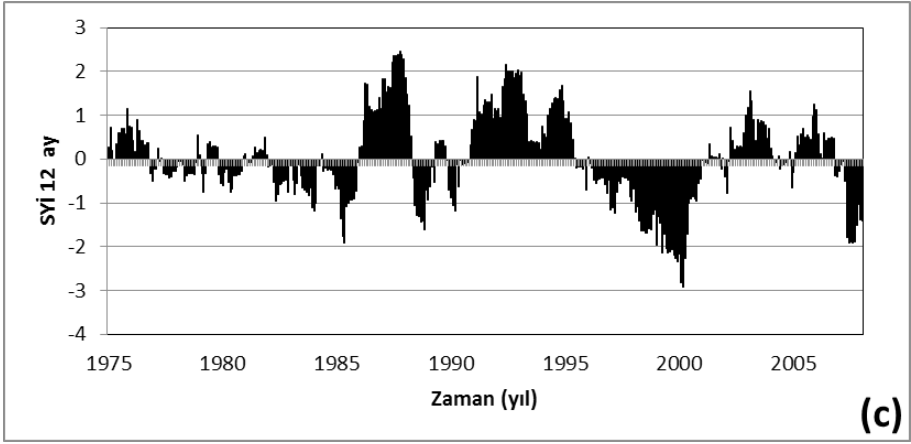
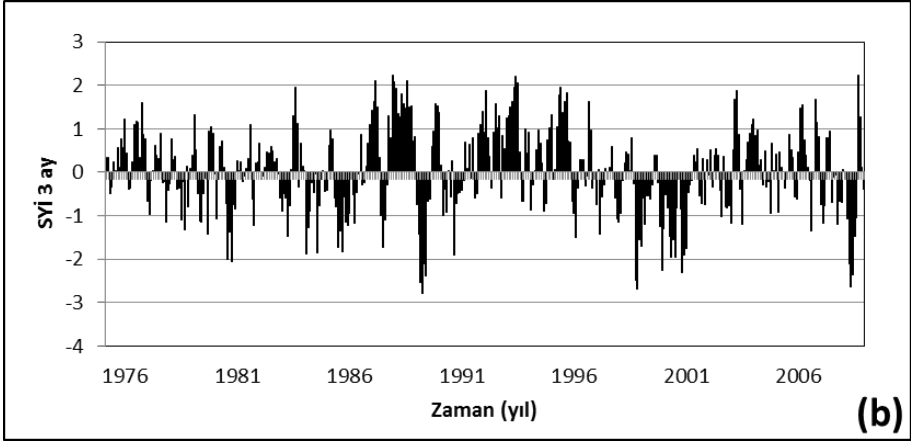
Kurak ve yarı kurak iklim bölgelerinde yağış değişebilirliği çok fazla olduğu için bu iklim bölgelerinde kuraklık olayları daha büyük ekolojik/ekonomik kayıplara neden olabilir (Shadeed ve Masri, 2007). Bir istasyonda kaydedilen yıllık toplam yağışın yıldan yıla değişim ölçüsünü belirlemek için değişim katsayısı hesaplanabilir. Yıllık yağış toplamlarının standart sapması, yıllık ortalama toplam yağışa bölünerek değişim katsayısı elde edilir (Türkeş, 2010). Bu yaklaşıma göre hesaplanan yıllar arası değişim oranları Tatvan'da %23, Van'da %19'dur. Türkiye genelinde yağışın yıllar arası değişim oranı %10 ile %30 arasında ve Türkiye'nin

büyük bir bölümünde ise %15-25 arası (Türkeş, 2010) değişim gösterdiği göz önüne alındığında Tatvan ve Van istasyonları genel dağılıma uymaktadır.

Tatvan ve Van istasyonlarında en uzun ve en şiddetli kuraklık dönemi 12 aylık SYİ serilerinde diğer zaman ölçeklerine göre daha net görülebilmektedir. 1975-2008 yılları arasındaki dönemde havzadaki en uzun ve en şiddetli kurak dönem 1996-2002 yılları arasında yaşanmıştır. Bu periyotta 2000 ve 2001 yıllarında olağanüstü kurak koşullar Tatvan istasyonunda aralıksız 11 ay, Van istasyonunda da 12 ay sürmüştür.

Tatvan istasyonundaki en uzun ve en şiddetli kurak dönem 1996 yılının Haziran ayında hafif bir düzeyde başlayıp 2000 yılına doğru şiddetini arttırmıştır. 2000 yılı, kuraklık şiddetinin en az 9 ay boyunca olağanüstü düzeyde ( $SYİ \leq -2.00$ ) seyrettiği bir yıldır. Diğer 3 ayda (ocak, şubat, nisan) ise yaşanan kuraklık şiddetli veya daha kurak seviyelere karşılık gelmektedir. 2001 yılının ilk aylarında da olağanüstü kuraklık devam etmiş, sonraki aylarda kademeli olarak kuraklık şiddeti azalarak 2002 yılının Mart ayında yaklaşık 6 yıl (70 ay) süren kurak dönem sona ermiştir (Şekil 4c). Yukarıda anlatılan kurak dönem dışında 1983-1986 dönemini kapsayan 4 yıllık (Şekil 4b), 1989-1990, 1990-1991 ve 2008 yıllarını kapsayan yaklaşık 1'er yıllık kurak dönemler de yaşanmıştır (Şekil 4a). Bu kurak dönemlerde 2 ile 9 ay arasında değişen orta veya şiddetli kurak koşullar yaşanmıştır.





**Şekil 4.** Tatvan'ın 1(a), 3(b) ve 12(c) aylık SYİ serileri.

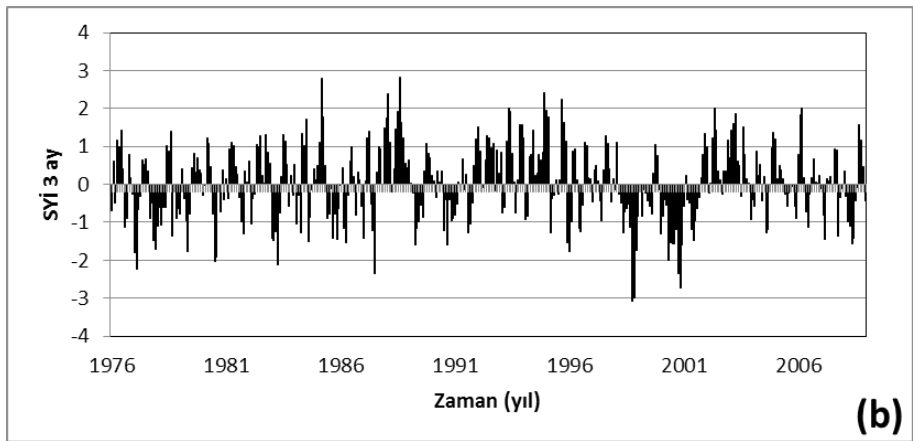
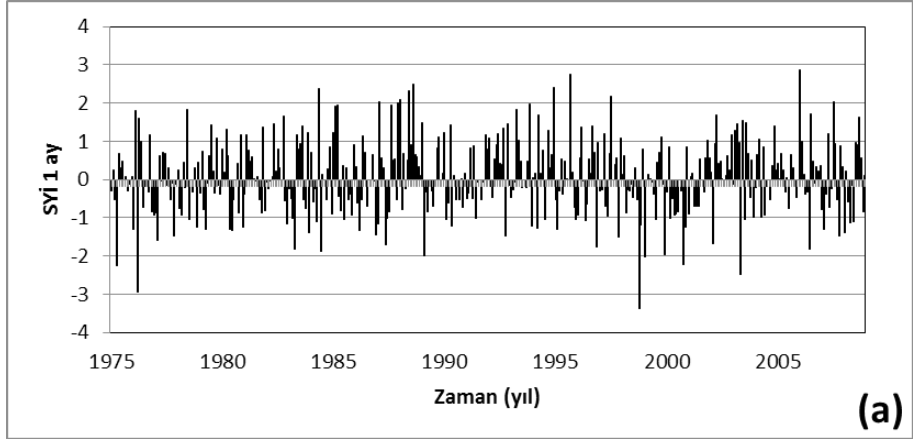
Van istasyonunun 12 aylık SYİ serileri incelendiğinde, kurak dönemlerin çoğu Tatvan'la eş zamanlı olmakla beraber bazı dönemlerde daha şiddetlidir. Bu istasyondaki en uzun ve en şiddetli kurak dönem Tatvan'daki en uzun ve en şiddetli dönemle örtüşmekle birlikte ondan 21 ay sonra 1998 yılının Mart ayında başlayıp 1999, 2000 ve 2001 yıllarında şiddetini arttırmıştır (Şekil 5c). 1999 yılının kış ve ilkbahar aylarında, 2000 yılının Ekim, Kasım ve Aralık aylarında, 2001 yılının ilk 9 ayı kuraklık şiddetinin olağanüstü düzeyde ( $SYI \leq -2.00$ ) seyrettiği dönemlerdir. 2002 yılının Mart ayında yaklaşık 4 yıl (49 ay) süren bu uzun kurak dönem Tatvan'la eş zamanlı olarak sona ermiştir.

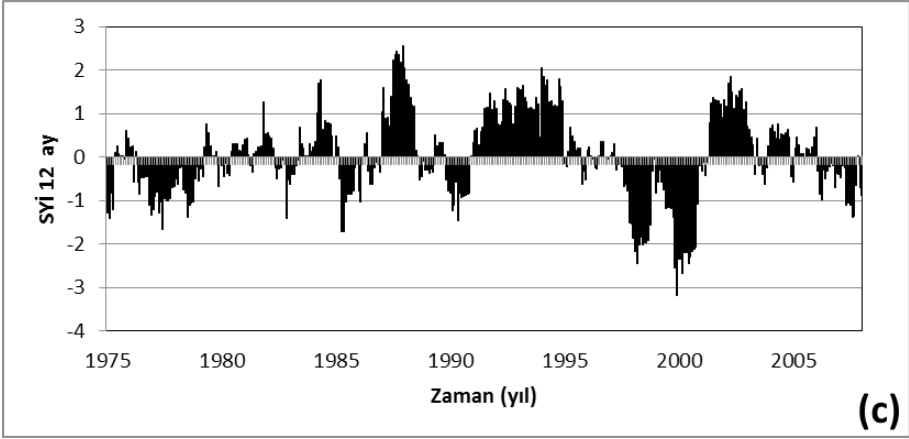
Van'da bu uzun kurak dönem dışında 1975 yılının sonu 1976 yılının ilk aylarını kapsayan orta düzeyde kuraklık; 1977-1980 yıllarını kapsayan 35 aylık hafif-orta kuraklık; 1983-1984 yıllarını kapsayan 13 aylık hafif kuraklık; 1986-1987 yıllarını kapsayan 20 aylık hafif-orta kuraklık; 1989-1990 yıllarını kapsayan 8 aylık hafif

kuraklık; 1990-1991 yıllarını kapsayan 13 aylık hafif-orta kuraklık ve 2007-2008 yıllarını kapsayan 24 aylık hafif kuraklık dönemleri yaşanmıştır (Şekil 5a ve 5b).

Yağış miktarı bakımından Van Gölü Havzası'nın doğu ve batı kısımları belirgin şekilde farklı olsa da kuraklık bakımından havzada daha homojen bir patern görülmektedir. 1 aylık SYİ serilerine göre havzanın doğusunu ve batısını temsil eden istasyonlarda toplam kuraklık süresi, 408 aylık SYİ serisinde 170 ay ve olasılığı %42 civarındadır (Tablo 3). 3 aylık SYİ serilerine göre toplam kuraklık süresi 183-184 ay ve olasılığı %45 civarındadır. 12 aylık SYİ serilerinde ise toplam kuraklık süresi ve olasılığı artmaktadır. Fakat havzanın nemli kalma olasılığı tüm zaman ölçeklerinde %50'den daha fazladır.

Havzadaki orta ve şiddetli kuraklıkların süresi farklı zaman ölçeklerinde genel olarak 50-60 ay ve olasılığı %12-15 civarındadır. Orta ve şiddetli kuraklık süresi 1 aylık SYİ serilerinde 50 ay ve olasılığı %12-13 civarında, 3 aylık SYİ serilerinde 60 ay ve olasılığı %15 civarında, 12 aylık SYİ serilerinde de 57-58 ay ve olasılığı %14 civarındadır (Tablo 4).





Şekil 5. Van'ın 1(a), 3(b) ve 12(c) aylık SYİ serileri.

	SYİ 1 ay	%	SYİ 3 ay	%	SYİ 12 ay	%
Tatvan	172	42.2	184	45.1	190	46.6
Van	174	42.6	183	44.9	185	45.3

Tablo 3. Tatvan ve Van istasyonlarının 1975-2008 yılları arasında 1, 3 ve 12 aylık SYİ serilerine göre toplam kuraklık süresi (ay) ve olasılığı (%).

	SYİ 1 ay	%	SYİ 3 ay	%	SYİ 12 ay	%
Tatvan	49	12	62	15.2	57	14
Van	54	13.2	64	15.7	58	14.2

Tablo 4. Tatvan ve Van istasyonlarının 1975-2008 yılları arasında 1, 3 ve 12 aylık SYİ serilerine göre orta ve şiddetli kuraklık süresi (ay) ve olasılığı (%).

Van Gölü havzasında olağanüstü kuraklık süresi farklı zaman ölçeklerinde genel olarak 7 ile 17 ay arasında, olağanüstü kuraklık olasılığı ise %1.7 ile %4.2 arasında değişmektedir. Tatvan'da tüm zaman ölçeklerinde olağanüstü kuraklık süresi 13 ay ve olasılığı %3 civarında; Van'da ise 1, 3 ve 12 aylık SYİ serilerinde olağanüstü kuraklık süresi sırasıyla 7, 11 ve 17 ay ve olağanüstü kuraklık olasılığı %1.7, %2.7 ve %4.2'dir (Tablo 5).

	SYİ 1 ay	%	SYİ 3 ay	%	SYİ 12 ay	%
Tatvan	13	3.2	13	3.2	12	3
Van	7	1.7	11	2.7	17	4.2

**Tablo 5.** Tatvan ve Van istasyonlarının 1975-2008 yılları arasında 1, 3 ve 12 aylık SYİ serilerine göre olağanüstü kuraklık süresi (ay) ve olasılığı (%).

Türkiye'deki yağış olaylarını, özellikle Kuzey Atlantik kökenli cephesel depresyonların frekansının arttığı sonbahar, kış ve ilkbahar aylarında etkilediği bilinen KAS'ın Van Gölü Havzası'ndaki yağış/kuraklık süreçlerini de etkileyebileceği varsayımından yola çıkarak yapılan incelemede, kuraklık şiddetinin arttığı dönemlerde KAS indekslerinin güçlü pozitif setrettiği görülmüştür.

Van Gölü Havzası'nda görülen kuraklık olaylarıyla KAS arasındaki ilişkinin yönünü ve gücünü saptamak amacıyla Tatvan ve Van istasyonlarının SYİ serileri ile KAS'ın aynı aylara/mevsimlere karşılık gelen indeksleri arasındaki Pearson korelasyon katsayıları hesaplanmıştır. Buna göre 3 aylık SYİ serilerinden ocak-şubat-mart aylarını kapsayan indeks değerleriyle KAS'ın aynı aylara karşılık gelen mevsimlik indeksi arasında diğer dönemlerden daha güçlü ve 0.01 düzeyinde (%99 güven düzeyinde) anlamlı negatif korelasyon katsayıları bulunmuştur. Van ve Tatvan istasyonları için bulunan bu katsayılar sırasıyla -0.52 ve -0.55'tir. Orta düzeydeki bu ilişki, KAS'ın en etkin olduğu kış aylarında belirlendiği için Van Gölü Havzası'ndaki kuraklık olaylarının kısmen KAS ile ilgili olduğu söylenebilir.

## Sonuç

Van Gölü Havzası'ndaki kuraklık özellikleri ile ilgili yapılan bu çalışmada aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır:

Havza'nın doğu ve batı yarısı, yağış miktarı bakımından belirgin biçimde farklılık göstermektedir. Batı kısımları doğu kısımlarından daha çok yağış almaktadır. Havzanın batı yarısındaki Tatvan'da ortalama yıllık toplam yağış 820 mm, havzanın doğu yarısındaki Van'da 382 mm'dir.

Yağışın mevsimlere dağılışı havza genelinde benzerlik gösterir. En çok yağış ilkbaharda en az yağış yazın gerçekleşmektedir. Havzanın doğusunda sonbahar, batısında ise kış mevsimi ilkbahardan sonra en çok yağış alan mevsimlerdir.

Yağışın yıllar arası değişim oranı Türkiye ortalamasıyla uyumludur.

Tatvan istasyonunda en uzun ve en kurak dönem 1996-2002 yılları arası; Van istasyonunda ise 1998-2002 yılları arasıdır.

Van ve Tatvan istasyonlarının SYİ serilerine göre kuraklık süresi, şiddeti ve olasılığı 1 ve 3 aylık SYİ serilerinde büyük benzerlik göstermektedir. Fakat olağanüstü kuraklık süresi ve olasılığı sadece 3 aylık SYİ serilerinde benzerlik göstermektedir.

Ocak-şubat-mart aylarını kapsayan mevsimlik KAS indeksi ile aynı ayları kapsayan 3 aylık SYİ serileri arasında 0.01 düzeyinde anlamlı orta düzeyde negatif korelasyon tespit edilmiştir. Bu verilere göre, KAS indeksi güçlü pozitif olduğunda kuraklık eğiliminin gelişeceği söylenebilir.

#### KAYNAKÇA

BATUR, E., KADIOĞLU, M., ÖZKAYA, M., SABAN, M., AKIN İ., KAYA Y., (2008). Van Gölü Su Seviye Modellemesi ve Ekstrem Seviyelerin Tahmini. Van Gölü Hidrolojisi Ve Kirliliği Konferansı Bildiri Kitabı: 10-24, 21-22 Ağustos 2008, DSİ XVII. Bölge Müdürlüğü, Van.

ÇİÇEK, İ., ATAOL, M., (2009). Türkiye'nin su potansiyelinin belirlenmesinde yeni bir yaklaşım. Coğrafi Bilimler Dergisi, 7: 51-64.

DUMAN, N., (2011). Erçek Gölü Yakın Çevresinin Fiziki Coğrafyası. Yayınlanmamış doktora tezi, Ankara Üniversitesi, Ankara.

ERİNÇ, S., (1953). *Doğu Anadolu Coğrafyası*. İstanbul Üniversitesi Yayını No: 572, İstanbul Üniversitesi Edebiyat Fakültesi Coğrafya Enstitüsü Yayını No: 15, İstanbul.

ERİNÇ, S., (1996). *Klimatoloji Ve Metodları*. Alfa Basım Yayım Dağıtım, İstanbul.

GUTTMAN, N.B., (1999). Accepting the Standardized Precipitation Index: A calculation algorithm. Journal of the American Water Resources Association, 35: 311-322.

HURRELL, J.W., (1995a). Decadal Trends In The North Atlantic Oscillation And Relationships To Regional Temperature And Precipitation. Science, 269: 676-679.

KALELİOĞLU, E., (1992). Van Ovasının İklim Özellikleri. Ankara Üniversitesi Dil ve Tarih Coğrafya Fakültesi Dergisi, Cilt: XXXV, Sayı 2: 155-166.

McKEE, T.B., DOESKEN, N.J., KLEİST, J., (1993). The relation of drought frequency and duration to time scales. Eighth Conference on Applied Climatology (Anaheim, California, USA), 179-184.

PANOFSKY, H.A., Brier, G.W., (1958). Some Applications of Statistics to Meteorology, Pennsylvania State University Press, 244 pp.

SHADEED, S., ALMASRİ, M., (2007). Statistical Analysis of Long-Term Rainfall Data for a Mediterranean Semi-arid Region: A Case Study from Palestine. Included in the international conference, Sustainable Development and Management of Water in Palestine. Amman, Jordan.

SİRDAŞ, S., (2002). Meteorolojik Kuraklık Modellemesi ve Türkiye Uygulaması. İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 237s, İstanbul.

ŞEN, Z., (2003). *Su Bilimi ve Yöntemleri*. Su Vakfı Yayınları, 266, İstanbul.

THOM, H.C.S., (1958). A Note on the Gamma Distribution, Monthly Weather Review, 86 (4): 117-122.

TÜRKEŞ, M., (1990). Türkiye'de Kurak Bölgeler ve Önemli Kurak Yıllar. Basılmamış doktora tezi, İstanbul Üniversitesi Deniz Bilimleri ve Coğrafya Enstitüsü, İstanbul.

TÜRKEŞ, M., (2010). *Klimatoloji ve Meteoroloji*. Birinci Baskı, Kriter Yayınevi, İstanbul.

WİLHITE, D. A., GLANTZ, M.H., (1985). Understanding of the drought phenomenon: the role and definition. Water Int. 10: 111-120.

15 Nisan 2013 tarihinde <http://drought.unl.edu/DroughtBasics/TypesofDrought> adresinden erişildi.

20 Nisan 2013 tarihinde [www.pdc.org](http://www.pdc.org) adresinden erişildi.

20 Nisan 2013 tarihinde <http://www.ideo.columbia.edu/res/pi/NAO/> adresinden erişildi.

MAKALE ÜLKEN, Hilmi Ziya, (1952), "Milli Destan ve Folklor", Türk Folklor Araştırmaları,

II, 33: 513- 514