



Coğrafi Bilgi Sistemleri Ortamında Standardize Yağış İndeksi Yöntemiyle Olasılıklı Meteorolojik Kuraklık Analizi: Seyhan Havzası Örneği

Ali Demir KESKİNER¹ Mahmut ÇETİN¹ Mert UÇAN¹ Mehmet ŞİMŞEK²

Özet

Bu araştırmanın amacı; *Standardize Yağış İndeksi (SYİ)* yöntemi kullanılarak frekansı 2 ve 10 yıl olan bölgesel meteorolojik kuraklık haritalarının elde edilmesi ve bu haritalar yardımıyla kuraklık riski olan bölgelerin belirlenmesidir. Araştırma, 21 470 km² genişliğindeki Seyhan Havzasında yürütülmüştür. Havza sınırları içerisinde ve yakınında bulunan 41 adet meteoroloji gözlem istasyonundan temin edilen uzun yıllar aylık toplam yağış serileri incelenmiştir. İstasyonların gözlem yılı içerisindeki eksik verileri, aylık veriler kullanılarak regresyon analiz tekniği ile tamamlanmıştır. İstasyonlardan elde edilen aylık ve yıllık toplam yağış serileri kullanılarak *SYİ* elde edilmiştir. Yıllık yağışlara ilişkin *SYİ* serileri frekans analizine tabi tutulmuştur. Uygun olasılık dağılım modelleri %5 önem düzeyinde *Kolmogorov-Smirnov* uygunluk testi ile saptanmıştır. Olasılık dağılımlarından her istasyona ait 2 ve 10 yıl yinelenmeli *SYİ* değerleri belirlenmiştir. Bu değerler kullanılarak Ocak-Aralık periyodu için *Ordinary Cokriging* yöntemiyle Seyhan Havzasının 2 ve 10 yıl yinelenmeli bölgesel meteorolojik kuraklık haritaları çizilmiştir. On yıl yinelenmeli kuraklıkların, Seyhan havzasının önemli bir bölümünü etkisi altına aldığı ve ciddi risk oluşturduğu bulunmuştur.

Anahtar Kelimeler: Seyhan Havzası, CBS, standardize yağış indeksi, meteorolojik kuraklık.

Meteorological Drought Analysis With Different Return Periods by Using Standardized Precipitation Index In Geographic Information Systems Environment: A Case Study In The Seyhan River Basin

Abstract

Main objectives of this study were (1) to produce regional meteorological drought maps with return periods of 2 and 10 years by using Standardized Precipitation Index (*SPI*) approach, (2) to put forward areas prone to drought risk through using generated maps. To this end, this study was carried out in the Seyhan River Basin, covering 21 470 km² surface area. Long-term annual precipitation series of 41 meteorological observation stations scattered inside and near by the basin border were utilized in this study. Through using regression analysis technique, any missing precipitation data of meteorological stations were completed on monthly base. *SPI* values for monthly and yearly data were calculated accordingly. Then, the best fitting probability distribution models to *SPI* series of yearly precipitation data were determined by performing regular frequency analysis technique, and Kolmogorov-Smirnov goodness-of-fit test was employed to figure out the most suitable probability model at the 5% significance level. *SPI* values with return periods of 2 and 10 years for each meteorological station were estimated from the probability distribution models determined. Regional meteorological drought maps of *SPI* values with return period 2 and 10 years were produced for the period January-December by using *Ordinary Cokriging* method. Drought maps revealed that a great portion of the Seyhan River Basin would be under the serious drought risk if the return period is 10-year.

Keywords: Seyhan Basin, GIS, standardized precipitation index, meteorological drought.

Giriş

İklim değişikliği ve süreçleri sonucunda dünyada ve ülkemizde yaşanan doğal afetlerin meydana gelme sıklıkları ve şiddetlerinde artışlar gözlenmektedir. Kuraklık; doğal afetler içerisinde en önemli doğal afetlerden biri olarak kabul edilmekle birlikte, ülkemizde en sık görülen ve en kapsamlı meteorolojik kökenli doğal afetlerden sayılmaktadır. Kuraklığın diğer doğal afetlerden farkı; daha fazla insanı etkilemesi ve oluşum sürecinin zamana yayılmasıyla en az anlaşılabilen bir felaket olmasıdır (Pamuk ve ark., 2004; Kapluhan, 2013; İçel, 2014). Kuraklık; sadece yağışın olmaması değildir. İnsanların talep ettikleri su miktarının karşılanamadığı yağışlı bölgelerde de yağışların belli bir süre boyunca normalden az olması kuraklığın oluşmasına neden olmaktadır (Topçu, 2013; Şahin ve Kurnaz, 2014). Etki alanına bağlı olarak çeşitli kuraklık tanımlamaları yapılmıştır. Meteorolojik, tarımsal, hidrolojik ve sosyo-ekonomik kuraklık tanımları en yaygın olanlardır (Fidan, 2011). Meteorolojik kuraklık; mevcut su kaynaklarında azalmaya neden olacak yağış miktarındaki azalma ile tanımlanır. Tarımsal kuraklık; bitkilerin gelişmek için ihtiyacı olan suyun toprakta belirli bir değerin altına düştüğünde meydana gelir. Hidrolojik kuraklık; akiferlerdeki, barajlardaki ve göllerdeki su miktarının istatistiksel ortalamasının altına düştüğünde oluşur. Sosyo-ekonomik kuraklık ise; su kıtlığının üretimde meydana getirdiği azalmaya bağlı insanların sosyo ekonomik yaşamında arz ve talep dengesinin bozulmasıyla ortaya çıkmaktadır (Sırdaş, 2002; Topçu, 2013). Yarı kurak iklim kuşağında yer alan ülkemizde yapılan tahminlerde güney ve batı bölgelerde sıcaklık artışı ve yağış azalması beklenmektedir. Nitekim, tüm bölgelerde ve mevsimlerde oluşabilen meteorolojik, tarımsal ve hidrolojik kuraklık 1970'lerin başından beri daha sık ve şiddetli oluşabilmektedir (Türkeş ve ark., 2009; Şimşek, 2010). Ülkemizde; 1874-1877 döneminde meydana gelen kuraklığın, kıtlıklara ve hastalıklara yol açmak suretiyle yaklaşık 200 000 vatandaşın ölümüne neden olduğu bilinmektedir. Ayrıca; 1928, 1973, 1989, 1990, 1993, 1998-2001, 2008'de kuraklığın şiddetli

olarak yaşandığı yıllar olarak kaydedilmiştir (Duygu, 2015).

Belirli bir zaman periyodunda, yağışın normal değerlerin altına düşmesi olarak tanımlanan meteorolojik kuraklığın süresi, tarım alanlarının sulanmasında önemli sorunların yaşanmasına, barajlarda yeterli miktarda su toplanamamasına, içme suyu kaynaklarının yetersiz kalmasına, çevrenin ve sosyal yapının olumsuz yönde etkilenmesine neden olabilmektedir (Tonkaz ve Çetin, 2005). Kuraklığa karşı alınması gereken tedbirlerin, kuraklık ortaya çıkmadan önce alınması gereklidir. Bu tedbirler ise kuraklığın uzun süren etkilerini (kuraklık riskini) uzun dönemde ortadan kaldıracak özellikte olmalıdır (Sarıcan, 2015). Yaşanması muhtemel kuraklığın olumsuz etkilerinin azaltılabilmesi; kuraklık yönetimi ilkelerinin, strateji ve politikalarının iyi belirlenmesi yanında gerekli mevzuatların hazırlanması, kurumlar arası koordinasyonun sağlanması, veri tabanı teşkili ve kurak dönemlerde su kaynaklarının korunması ile sağlanabilir (Çetin ve ark., 2016). Ancak, olası bir kuraklığın *zamanının, süresinin ve şiddetinin* ne olacağına dair cevabın hala belirsizliğini koruduğu da unutulmamalıdır (Smakhtin ve Hughes, 2004; Oğuztürk ve Yıldız, 2014).

Kuraklığın zamanının, süresinin, şiddetinin ve yerinin önceden tahmin edilememesi; zamansal ve konumsal olarak kuraklığın sürekli izlenmesini zorunlu kılmıştır. Kuraklık izlenirken yağışlarda meydana gelen eksikliğin farklı zaman ölçüleri içinde kantitatif olarak ifade edilmesi gerekmektedir. Bu durum, yağış eksikliğinin farklı zaman dilimleri içindeki değişimini dikkate alabilen kuraklık indeksleri ile ortaya konabilmektedir (Hasaniha, 2008). Kuraklığı önceden tahmin etmek için bir çok kuraklık izleme yöntemi geliştirilmiştir (Doğan, 2013; Masoudi ve Hakimi, 2014). Bu yöntemler kullanıldığı bölgeye, iklime ve gözlem süresine bağlı olarak farklı etkinlikte çözümlenmeler yapabilmektedir (Hayes, 2007). Farklı zaman ölçeklerinde etkili olabilen kuraklık olaylarını incelemek ve izlemek için geliştirilen yöntemlerin indeks ve eşik (sınır) değerleri ile çalışılan bölge için kuraklık hakkında yorumlar yapılmaktadır. İndeks ve eşik değerleri; kuraklık koşullarının başlangıcını

Coğrafi Bilgi Sistemleri Ortamında Standardize Yağış İndeksi Yöntemiyle Olasılıklı Meteorolojik Kuraklık Analizi: Seyhan Havzası Örneği

saptamak, kuraklık olaylarını ölçmek, izlemek ve kuraklık afetinin büyüklüğünü saptamak açısından önemlidir (Sarıcan, 2015). Hızlı bir şekilde şiddetini artıran veya aniden sona erebilen meteorolojik kuraklığın izlenmesinde kullanılan yöntemlerden biri de *Standardize Yağış İndeksi (SYİ)* yöntemidir (MGM, 2016). Bu yöntemin; yalnızca yağış verisine ihtiyaç duyması, hesaplamalardaki kolaylıkları ve güvenilir olması tüm dünyada en çok kullanılan kuraklık indeksleri arasına girmesine neden olmuştur (Arslan ve ark., 2016).

Yapılan araştırmalarda; Seyhan Havzasında beklenen yağışlarda %30-35 arasında bir azalma (Kanber ve ark., 2003) meydana geleceği tahmin edilmektedir. Üstelik Seyhan Havzasında 2070 yılında hava sıcaklığının 2-3.5 °C arasında artacağı da öngörüler arasındadır. Bu durum, hafif ve orta derece kuraklık sınırında bulunan havzada daha şiddetli kurak dönemlerin yaşanma olasılığını artıracaktır (Topçu, 2013). Kuraklık, eğer izlenebilirse etkileri en aza indirilerek alansal ve zamansal değişimi takip edilebilir (Sırdaş, 2002). Kuraklığın belirleme, değerlendirme ve izleme çalışmalarında kapsamlı bir *Kuraklık Yönetim Planı* yapılmalıdır. Bu tür planlamalarda çeşitli kuraklık indeks sınıflarının olasılıklarının hesaplanması ve bilinmesi çok önemlidir (Türkeş ve Tatlı, 2008). Bu nedenle, mevcut durumda Seyhan Havzasında ortalama yağış yüksekliğinin bilinmesi, kuraklığa eğilimli alanların ortaya konulması ve olasılıklı kuraklık eşik değerlerinin haritalanması alınacak önlemler bakımından oldukça önemlidir. Dolayısıyla, olasılık analizi sonuçlarına göre 2 ve 10 yıl yinelenmeli (tekerrürlü) elde edilecek haritaların kuraklık analizlerinde kullanılması önem arz etmektedir. *Kuraklık Yönetim Planı* çerçevesinde olası bir kuraklık durumu bu haritalar yardımıyla izlenebilecek, kuraklık riski taşıyan bölgeler belirlenebilecektir. Böylece, alınması gereken önlemler bakımından *Kuraklık Yönetim Planının* etkinliği artabilecektir. Seyhan Havzasında yürütülen bu çalışma ile;

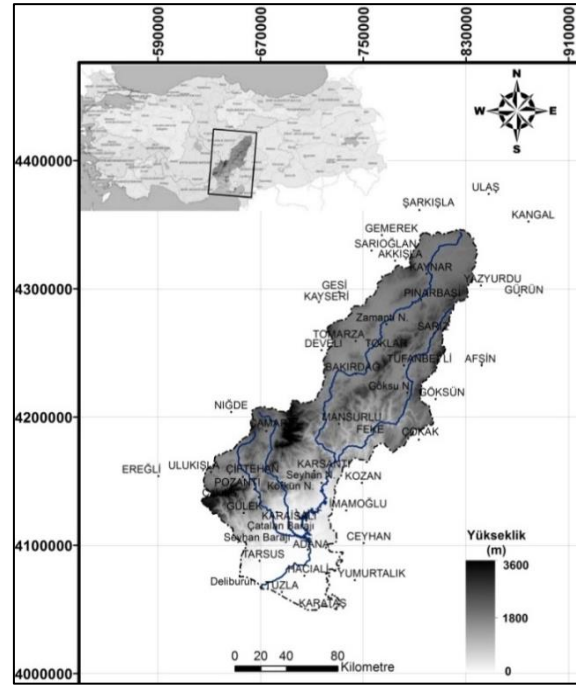
1. SYİ yöntemi kullanılarak; 2 ve 10 yıl yinelenmeli olasılıklı bölgesel meteorolojik kuraklık haritalarının elde edilmesi,
2. Elde edilen haritalar yardımıyla; *Kuraklık Yönetim Planı* çerçevesinde SYİ yöntemine göre

kuraklık riski olan bölgelerin belirlenmesi amaçlanmıştır.

Materyal ve Yöntem

Materyal

Bu çalışma; 21 470 km² (Çetin ve ark., 1998) genişliğindeki, Doğu Akdeniz bölgesinde 36°33'-39°12' kuzey enlemleri ile 34°24'-36°56' doğu boylamları arasında yer alan (Öztopal ve Şen, 2007) Seyhan Havzasında yapılmıştır (Şekil 1).



Şekil 1. Seyhan Havzasının Sayısal Yükseklik Modeli görüntüsü

Meteoroloji Genel Müdürlüğü tarafından işletilen Seyhan Havzası içinde ve havza sınırına yakın 41 adet meteoroloji gözlem istasyonuna (MGİ) ait uzun yıllar (1950-2006) aylık ve yıllık toplam yağış serileri ile çalışılmıştır. Araştırmada, Seyhan Havzasına ait 100×100 metre çözünürlükte Sayısal Yükseklik Modeli (SYM) haritası kullanılmıştır.

Yöntem

Regresyon Analizi

Eksik aylık toplam yağış (Y) serilerinin tamamlanmasında Eşitlik 1 ile gösterilen doğrusal polinom tipi regresyon modeli kullanılmıştır. Verilerin tamamlanmasında serisi tamamlanacak ay esas alınarak tam aylık seriye

Coğrafi Bilgi Sistemleri Ortamında Standardize Yağış İndeksi Yöntemiyle Olasılıklı Meteorolojik Kuraklık Analizi: Seyhan Havzası Örneği

sahip uzun yıllar ardışık iki ayın gözlemleri seçilmiştir. Bağımlı ve bağımsız değişken olarak kullanılan bu veriler ile oluşturulan regresyon modeli ile eksik veriler tamamlanmıştır. Model parametreleri, Landau ve Everitt (2004), Ryan ve Cryer (2005) tarafından belirtilen yöntem izlenerek *MINITAB* ve *SPSS* istatistiksel paket programları ile belirlenmiştir.

$$Y = b_0 + b_1 X + e \quad (1)$$

Burada Y , bağımlı değişken; X , bağımsız değişken; b_i , regresyon katsayıları ve e , hata terimidir.

Frekans Analizi

SPI_SL_6 (WMO, 2012) programı ile uzun yıllık aylık toplam yağış serileri kullanılarak her istasyon ve her yıla ait 12 aylık periyot için elde edilen *SYİ* serilerinin frekans analizleri *BestFit* (2004) ortamında yapılmıştır. Olasılık dağılımlarının uygunluk testleri (Tülücü, 2002) %5 önem düzeyinde *Kolmogorov-Smirnov* testi ile gerçekleştirilmiştir. Belirlenen dağılımlara ilişkin "*frekans faktör eşitliği*" (Chow ve ark., 1988) yardımıyla, *SYİ* yönteminde kullanılmak üzere; 2 ve 10 yıl yinelenmeli *SYİ* değerleri her istasyon için ayrı ayrı kestirilmiştir (Eşitlik 2).

$$\left. \begin{aligned} X_{p\%} &= \bar{X} + K_{p\%} S \\ Tr &= \frac{1}{P\%} \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

Burada S , standart sapma; \bar{X} , frekans analizine tabi tutulan veri setinin ortalaması; $X_{p\%}$, incelenen değişkenin belirlenen olasılık düzeyinde ($P\%$) beklenen değeri; Tr , belirlenen olasılık düzeyinin yinelenme yılı ve $K_{p\%}$, frekans faktörü olup, belirlenen olasılık düzeyinde ($P\%$) verilen frekans dağılımının bir özelliğidir.

Standardize Yağış İndeksi (*SYİ*)

Meteorolojik, tarımsal ve hidrolojik kuraklıkla ilgili çalışmalarda kullanılan yöntemlerden bir tanesidir. Farklı iklimlere

sahip bölgelerin kuraklığını tanımlamak amacıyla yağış parametresini tek bir sayısal değere dönüştüren *Standardize Yağış İndeksi (SYİ)* yöntemi Mckee ve ark. (1993) tarafından geliştirilmiştir. Araştırmacılar tarafından özellikle 3, 6, 12, 24, 48 ve 72 ay gibi periyotlar için kuraklığı hesap etmede kullanılır. *SYİ* kuraklık sınıfları (Çizelge 1), standart normal (Gaussian) dağılımlı yağış verilerinden elde edilmesine karşın, yağışların olasılık dağılım fonksiyonu (*ODF*) normal dağılıma uymaz. Yağış verilerine en iyi uyan olasılık dağılımı Gamma dağılımıdır. Bu nedenle *SYİ* yöntemi ile yapılan kuraklık analizlerinde, önce yağış toplamlarının *ODF*'sinin, Gamma *ODF*'sine dönüştürülmesi gerekir. Gamma *ODF*'den elde edilen yağış olasılıkları, ters-standart normal dağılım fonksiyonu kullanılarak, standart yağışlar hesaplanır. Bu yolla, ortalaması sıfır ve varyansı bir olan standartlaştırılmış yağış indeksleri elde edilmiş olur. *SYİ* değerleri dikkate alınarak yapılan bir kuraklık değerlendirmesinde indeksin sürekli olarak negatif olduğu zaman periyodu, "*kurak dönem*" olarak tanımlanmaktadır. Kuraklık, *SYİ*'nin ilk önce sıfırın altına indiği zaman başlar ve tekrar pozitif olduğunda son bulur. Bu yöntemle göre kurak dönemlerin sınıflandırılması, Çizelge 1'e göre yapılmaktadır.

Çizelge 1. *SYİ* yöntemi değerleri ve kuraklık sınıflandırılması (Mckee ve ark., 1993; Hayes, 2007)

<i>SYİ</i> değerleri	Kuraklık sınıfı
2.00 ve üzeri	Aşırı nemli
1.5 ile 1.99	Çok nemli
1.00 ile 1.49	Orta düzeyde nemli
-0.99 ile 0.99	Normal
-1.00 ile -1.49	Orta düzeyde kurak
-1.50 ile -1.99	Şiddetli kurak
-2.00 ve altı	Aşırı kurak

SYİ, seçilmiş bir zaman dilimi içinde yağışın ortalamadan olan farkının standart sapmaya bölünmesi ile elde edilir. Eşitlik 3'de verilen denklem takımıyla tanımlanabilir (Sırdaş, 2002; Pamuk ve ark., 2004; Türkes ve Tatlı, 2008; Fidan, 2010; Topçu, 2013; Sarıcan, 2015; Arslan ve ark., 2016; Paulo ve ark., 2016)

Coğrafi Bilgi Sistemleri Ortamında Standardize Yağış İndeksi Yöntemiyle Olasılıklı Meteorolojik Kuraklık Analizi: Seyhan Havzası Örneği

$$SYI_{ij} = \frac{X_{ij} - \mu_j}{\sigma_j} \quad (3)$$

Bu eşitlikte: X_{ij} , bir istasyonda j ayında gözlenen yağış değerlerini; μ_j , j ayı yağış serisinin beklenen değerini; σ_j , serinin standart sapmasını göstermektedir.

Ordinary Cokriging

Bu yöntemle; gözlem değerlerinin deneysel teorik Covariaogram model parametreleri ve *cokriging* tahmin parametreleri kullanılarak tahminler yapılır. Ordinary Kriging yönteminden farkı, gözlenen değerlerin yanı sıra tahminlerde yardımcı bir değişkenin eklenmesidir. Araştırmada, 2 ve 10 yıl yinelenmeli *SYİ* kuraklık eşik değerlerinin

haritalanmasında ikinci (yardımcı) değişken olarak Seyhan Havzası *SYM* görüntüsü (yükselteleri) kullanılmıştır. *Ordinary Cokriging* yöntemiyle 2 ve 10 yıl yinelenmeli (%50 ve %10 olasılıkla beklenen) Seyhan Havzasının *SYİ* haritaları oluşturulmuştur. Covariogramın oluşturulması ve *cokriging* tahminlerine ilişkin matematiksel eşitlikler Goovaerts (1998)'de ayrıntılı bir şekilde verilmiştir.

**Araştırma Bulguları ve Tartışma
Regresyon Analizi Sonuçları**

İstasyonların aylık yağış serilerinin eksik gözlemleri doğrusal regresyon modelleri ile tamamlanmıştır. Araştırmada regresyon yöntemi ile serisi uzatılan 12 istasyon ile ilgili bilgiler Çizelge 2'de verilmiştir.

Çizelge 2. Regresyon yöntemi ile aylık toplam yağış serileri uzatılan istasyonlar

SN	İstasyonlar	Gözlem Süresi	Uzatılan Ay Sayısı	Uzatılan Yıllar	SN	İstasyonlar	Gözlem Süresi	Uzatılan Ay Sayısı	Uzatılan Yıllar	
1	Afşin	32	6	1984	7	Pozantı	18	7	1992	
			1	2006				9	1993	
2	Çamardı	18	8	1983	8	Sarıoğlan	15	4	1999	
			7	1984				9	9	1989
			6	1994					4	1993
3	Feke	20	8	1994	9	Tarsus	13	8	1997	
4	Gülek	32	6	1979				10	Tufanbeyli	20
			1	1980	5	1993				
			4	1997	8	1997				
			5	2003	11	Tuzla	11	8	1985	
			6	2004				7	1995	
			6	2005				12	Ulaş	18
5	Hacıali	14	9	1989	5	1978				
			5	1991	7	1993				
6	Kangal	32	3	1979					4	1998
			4	1980						

Coğrafi Bilgi Sistemleri Ortamında Standardize Yağış İndeksi Yöntemiyle Olasılıklı Meteorolojik Kuraklık Analizi: Seyhan Havzası Örneği

Frekans Analizi Sonuçları

Meteoroloji Gözlem İstasyonlarının uzun yıllık aylık toplam yağış serilerinin, 12 aylık periyot için (yıllık) hesaplanan her yıla ait *SYİ* değerleri kullanılarak *SYİ* serilerinin frekans analizi yapılmıştır. Gözlem istasyonlarına ait uzun yıllık gözlem süreleri için hesaplanan 12 aylık yağış toplamalarına ilişkin olan *SYİ* serilerine uyan olasılık dağılım modelleri

Çizelge 3'te verilmiştir. Seyhan havzasında, yıllık yağışların *SYİ* değerlerinin %39 oranında *Logistic* dağılımla temsil edildiği bulunmuştur. Havzada 7 farklı olasılık dağılımının hakim olduğu saptanmıştır. Bu dağılımların, 16'sı *Logistic*, 9'u *Weibull*, 6'sı *Normal*, 5'i *Betagenral*, 2'si *InverseGauss*, 2'si *Log-Logistic* ve 1 adet *Extreme Value* dağılımları olduğu görülmüştür.

Çizelge 3. Araştırmada kullanılan istasyonların uzun yıllık *SYİ* serilerinin uyduğu olasılık dağılım modelleri

S.N	İstasyon Adı	Frekans Dağılımı	S.N	İstasyon Adı	Frekans Dağılımı
1	Kangal	INVERSEGAUSS	22	Niğde	LOGISTIC
2	Yazyurdu	NORMAL	23	Çamardı	WEIBULL
3	Ulaş	LOGISTIC	24	Mansurlu	NORMAL
4	Şarkışla	WEIBULL	25	Feke	BETAGENERAL
5	Gemerek	BETAGENERAL	26	Çokak	BETAGENERAL
6	Sarıoğlan	EXTREME VALUE	27	Karsantı	LOGISTIC
7	Akkışla	INVERSEGAUSS	28	Çiftahan	NORMAL
8	Kaynar	LOGISTIC	29	Ulukışla	WEIBULL
9	Gürün	WEIBULL	30	Ereğli	LOGISTIC
10	Pınarbaşı	NORMAL	31	Pozantı	NORMAL
11	Gesi	LOGISTIC	32	Gülek	LOGISTIC
12	Kayseri	LOGISTIC	33	Karaisalı	LOGISTIC
13	Develi	LOGISTIC	34	İmamoğlu	LOGISTIC
14	Tomarza	BETAGENERAL	35	Ceyhan	LOGISTIC
15	Toklar	LOG-LOGISTIC	36	Yumurtalık	WEIBULL
16	Adana	WEIBULL	37	Karataş	LOGISTIC
17	Sarız	WEIBULL	38	Kozan	NORMAL
18	Afşin	WEIBULL	39	Tuzla	WEIBULL
19	Göksün	BETAGENERAL	40	Tarsus	LOGISTIC
20	Tufanbeyli	LOGISTIC	41	Hacıali	LOG-LOGISTIC
21	Bakırdağ	LOGISTIC			

Coğrafi Bilgi Sistemleri Ortamında Standardize Yağış İndeksi Yöntemiyle Olasılıklı Meteorolojik Kuraklık Analizi: Seyhan Havzası Örneği

**Standardize Yağış İndeksi (SYİ)
Frekans Analizi Sonuçları**

Araştırmada kullanılan istasyonların uzun yıllık aylık toplam yağış serilerinin Ocak-Aralık periyodu için frekans analizi ile hesaplanan 2 ve 10 yıl yinelenmeli SYİ değerleri Çizelge 4'te verilmiştir. Çizelge incelendiğinde; Seyhan

Havzası için hesaplanan 2 yıl yinelenmeli SYİ değerlerinin normal kuraklık sınıflandırılmasına dahil olduğu görülmüştür. Havza için hesaplanan 10 yıl yinelenmeli SYİ değerlerinin ise orta düzey kurak sınıfında yer aldığı bulunmuştur.

Çizelge 4. Araştırmada kullanılan istasyonların yıllık yağışlarına ilişkin SYİ serilerinin farklı yinelenme yılları için (*Tr*) elde edilen değerleri

S.N	İstasyon Adı	SYİ		S.N	İstasyon Adı	SYİ	
		Tr=2	Tr=10			Tr=2	Tr=10
1	Kangal	-0.08	-1.23	22	Niğde	0.06	-1.15
2	Yazyurdu	0.00	-1.32	23	Çamardı	0.11	-1.32
3	Ulaş	-0.04	-1.35	24	Mansurlu	0.00	-1.31
4	Şarkışla	0.14	-1.32	25	Feke	-0.10	-1.49
5	Gemerek	-0.03	-1.33	26	Çokak	0.04	-1.56
6	Sarıoğlan	-0.18	-1.11	27	Karsantı	-0.01	-1.19
7	Akkışla	0.00	-1.26	28	Çiftehan	0.00	-1.31
8	Kaynar	-0.02	-1.26	29	Ulukışla	0.14	-1.32
9	Gürün	0.02	-1.29	30	Ereğli	0.05	-1.13
10	Pınarbaşı	0.00	-1.30	31	Pozantı	0.00	-1.32
11	Gesi	0.13	-1.11	32	Gülek	0.02	-1.29
12	Kayseri	0.00	-1.25	33	Karaisalı	0.02	-1.30
13	Develi	0.03	-1.18	34	İmamoğlu	-0.02	-1.22
14	Tomarza	0.02	-1.34	35	Ceyhan	0.00	-1.28
15	Toklar	-0.13	-1.18	36	Yumurtalık	0.00	-1.28
16	Adana	-0.15	-1.19	37	Karataş	0.02	-1.23
17	Sarız	-0.04	-1.28	38	Kozan	0.00	-1.30
18	Afşin	0.06	-1.28	39	Tuzla	-0.13	-1.21
19	Göksün	0.04	-1.44	40	Tarsus	0.03	-1.22
20	Tufanbeyli	0.07	-1.14	41	Hacıali	-0.20	-1.11
21	Bakırdağ	0.05	-1.18				

Coğrafi Bilgi Sistemleri Ortamında Standardize Yağış İndeksi Yöntemiyle Olasılıklı Meteorolojik Kuraklık Analizi: Seyhan Havzası Örneği

Ordinary Cokriging Haritalama

Sonuçları

Seyhan Havzasında meteoroloji gözlem istasyonlarının hesaplanan uzun yıllık *SYİ* serilerinin 2 ve 10 yıl yinelenmeli *SYİ* değerlerinin haritalanması *Ordinary Cokriging* yöntemi (Çetin ve ark., 2016) ile gerçekleştirilmiştir. Haritalamada kullanılan küresel tip (Keskiner, 2008; Atlı, 2010) teorik covariogram model parametreleri ve *cokriging*

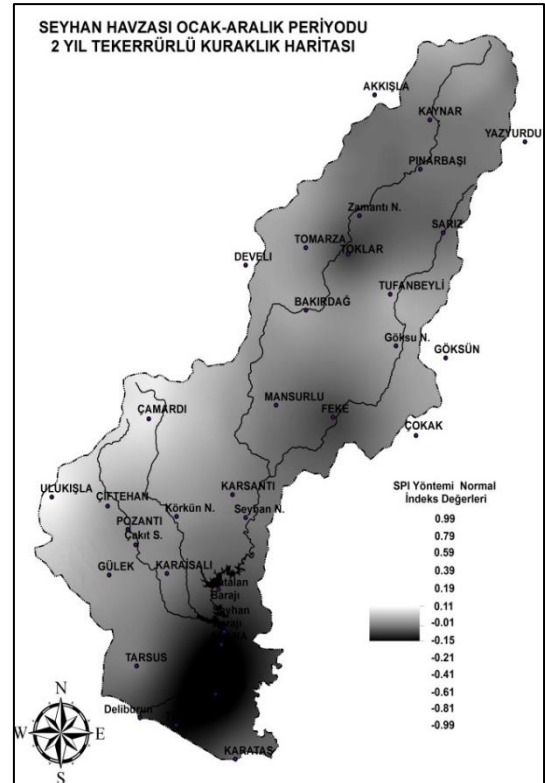
tahmin parametreleri Çizelge 5'te sunulmuştur. Çizelge incelendiğinde etki uzaklığı (A) değerinin $Tr=2$ yıl için istasyonlar arası mesafenin 51585 metreden sonra etkinliğini kaybettiğini; dolayısıyla, sektör yarıçaplarının bu mesafeden daha fazla seçilmemesi gerektiğini göstermiştir. Böylelikle tahminler bu yarıçaplı sektörler arasında bulunan istasyonlarla kestirilmiştir. $Tr=10$ yıl için ise etki uzaklığı 61861 metre hesaplanmıştır.

Çizelge 5. İki yıl (Tr_2) ve on yıl yinelenmeli (Tr_{10}) *SYİ* değerlerinin haritalanmasında kullanılan *Ordinary Cokriging* modeli ve tahmin parametreleri

Teorik Covariogram Model Parametreleri						Cokriging Tahmin Parametreleri			
Tekerrür	Lag uzunluğu (m)	Lag adeti	C_0 (m)	C_I (m)	A(m)	Sektör Bilgileri			
						Düzeltilme Faktörü:0.2		Tahminde Kullanılan Minimum ve Maksimum İstasyon Sayısı	
						Sektör Sayısı:4			
						Sektör Yarıçapları (m)			
X Yönünde	Y Yönünde	Minimum	Maksimum						
Tr_2	7129	12	2021	42830	51585	51000	51000	2	5
Tr_{10}	10700	12	0	58547	61861	61000	61000	2	5

Seyhan Havzası Ocak-Aralık Periyodu 2 Yıl Yinelenmeli Meteorolojik Kuraklık Haritası Sonuçları

Her istasyonun uzun yıllık aylık toplam yağış değerlerinden faydalanılarak, istasyonların yıllık yağış değerlerine ilişkin olarak hesaplanan *SYİ* serilerinin frekans analizi sonuçları ile 2 yıl yinelenmeli meteorolojik kuraklık haritası oluşturulmuştur. Her istasyon için elde edilen 2 yıl yinelenmeli *SYİ* değerlerinin ArcGIS (Esri, 2016) yazılımıyla 100x100 metre çözünürlükte raster haritası çizilmiştir. Bu haritada; 2 yıl yinelenmeli *SYİ* değerlerinin yersel değişimleri ve alansal dağılımları gösterilmiştir (Şekil 2). Harita incelendiğinde; Seyhan Havzasının tamamında 2 yıl yinelenmeli *SYİ* değerlerinin, kuraklık sınıflandırılmasına göre (Çizelge 1) "Normal" olduğu bulunmuştur. Bu durum, havzada 2 yıl yinelenmeli kuraklık riskinin beklenmediği anlamına gelmektedir. Ancak, 2 yıl yinelenmeli Ocak-Aralık periyodu kuraklık haritasında dikkati çeken; Seyhan Barajından sonra, Seyhan Nehrinin Deliburun'a kadar akış gösterdiği bölgenin diğer bölgelere nazaran 2 yılda bir beklenen kuraklıktan en çok etkilenebilecek alan olduğu bulunmuştur. Lejantta da görüldüğü üzere *SYİ* değerleri



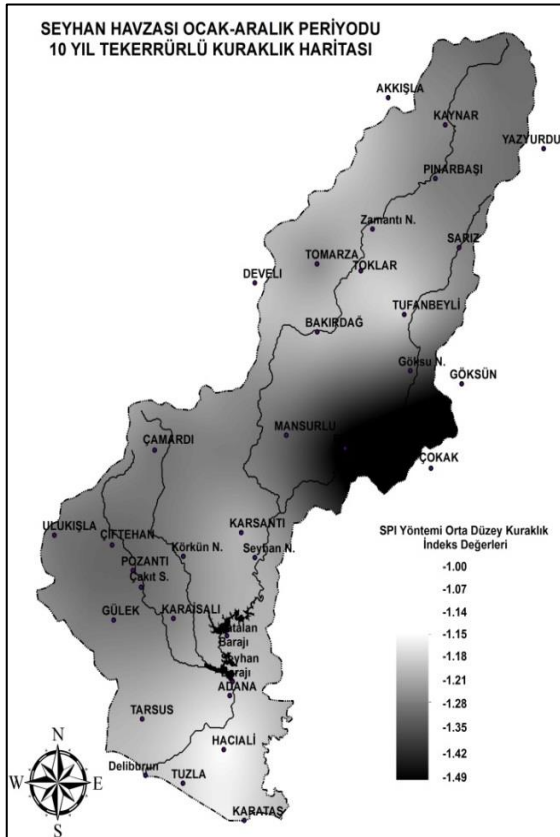
Şekil 2. İki yıl yinelenmeli bölgesel meteorolojik kuraklık haritası

Coğrafi Bilgi Sistemleri Ortamında Standardize Yağış İndeksi Yöntemiyle Olasılıklı Meteorolojik Kuraklık Analizi: Seyhan Havzası Örneği

“orta düzey kuraklık” indeks değerlerinden uzaktır. Ancak, ilerleyen yıllarda Seyhan Barajı depolamasından sonra Adana, Hacıali ve Tuzla istasyonları hattında 2 yıl yinelenmeli orta düzey kuraklık riski altında olan bölgeler sınıfına dahil olacağı öngörülebilir. Ayrıca, bu bölgeler 0-250 metre yükselteli bölgeler olup, havzanın düz ve düze yakın olan ovalık kesimleridir. Bu durumdan, ovalık alanların 2 yılda bir beklenen tekerrürdeki kuraklıktan daha fazla etkileneceği anlamı da çıkarılabilir.

Seyhan Havzası Ocak-Aralık Periyodu 10 Yıl Yinelenmeli Meteorolojik Kuraklık Haritası Sonuçları

On yıl yinelenmeli meteorolojik kuraklık haritası; 2 yıl yinelenmeli meteorolojik kuraklık haritası ile aynı şekilde oluşturulmuştur. ArcGIS yazılımıyla, her istasyon için elde edilen 10 yıl yinelenmeli SYİ indeks değerlerinin 100x100 metre çözünürlükte raster haritası bu yinelenme yılı için de elde edilmiştir (Şekil 3).



Şekil 3. SYİ yöntemine göre 10 yıl yinelenmeli bölgesel meteorolojik kuraklık haritası

Görüldüğü üzere; 2 yıl yinelenmeli meteorolojik kuraklık haritasından çok farklı bir harita elde edilmiştir. Harita incelendiğinde; SYİ değerlerinin “orta düzey kurak” sınıflamasına dahil olduğu görülmüştür. Seyhan Havzasının tamamının 10 yılda bir “orta düzey kuraklık” riski altında olduğu bulunmuştur. Ayrıca, bu haritanın, ortalama yağışların dağılım tavrına paralel bir değişim gösterdiği de açıktır. Bu davranış, beklenen bir durumdur. Örneğin; Mansurlu, Feke, ve Çokak’ın yıllık toplam yağış değerlerinin ortalamaları diğer bir ifadeyle %50 olasılıkla beklenen değerleri (Çetin ve ark., 2016) sayıldığı sıraya göre; 971 mm, 934 mm ve 1471 mm’dir. Adı geçen bu istasyonların bulunduğu bölgeler ise SYİ değerlerine göre en fazla “orta düzey kuraklık” riski altında olan yerlerdir. Diğer bir ifadeyle 10 yılda bir “orta düzey kuraklık” riskini en fazla taşıyan bölgelerdir. Bu bölgelerde yağış ortalamasının havzadaki birçok bölgenin 2 katından fazla olmasına rağmen şiddetli orta düzey kuraklık riski altında olması bu bölgenin ortalama yağışlarının yüksek olmasından kaynaklandığı söylenebilir. Bu durum, “Su miktarının karşılanamadığı yağışlı bölgelerde de yağışların belli bir süre boyunca normalden az olması kuraklığın oluşmasına neden olmaktadır” savını da destekler niteliktedir. Ayrıca, bu bölgelerde beklenen kuraklık düzeyinin SYİ kuraklık sınıflamasına göre “Şiddetli Kuraklık” eşik değerlerine çok yakın olduğu da dikkati çekmektedir. Mansurlu, Feke, ve Çokak’ı kapsayan bu bölgenin ileriki yıllarda 10 yılda bir şiddetli kuraklık riski altında kalma olasılıkları yüksek görülmektedir. Bu nedenle Kuraklık Yönetim Planı çerçevesinde alınacak tedbirler bakımından bu bölgelerin öncelikli ele alınması gereklidir.

Sonuç ve Öneriler

Kuraklık Yönetim Planı çerçevesinde Ocak-Aralık periyodu için 2 ve 10 yıl yinelenmeli meteorolojik kuraklık riski taşıyan bölgeler bu haritalar yardımıyla net bir şekilde anlaşılabilir.

Seyhan Havzasında 2 yıl yinelenmeli meteorolojik kuraklık haritasına göre, havzanın 2 yılda bir kuraklık yaşama riski düşüktür. Diğer bir ifadeyle Seyhan Havzasında 2 yılda

Coğrafi Bilgi Sistemleri Ortamında Standardize Yağış İndeksi Yöntemiyle Olasılıklı Meteorolojik Kuraklık Analizi: Seyhan Havzası Örneği

bir ciddi anlamda kuraklık riski beklenmemektedir. Seyhan Havzasının tamamı SYİ yöntemine göre kuraklık "Normal" olarak sınıflandırılmıştır.

Seyhan Havzasının tamamında SYİ yöntemine göre 10 yılda bir beklenen tekrürde "Orta Düzey Kuraklık" beklenmektedir. Bu durum, Seyhan Havzası ile ilgili daha önce yapılan Seyhan Havzasının hafif ve orta derece kuraklık sınırında bulunduğunu belirten kuraklık araştırma sonucuyla örtüşmüştür. On yılda bir beklenen SYİ kuraklık indeks değerlerinin "Şiddetli Kuraklık" eşik değerlerine çok yaklaşması, bu sonuçları desteklemiştir.

Meteorolojik kuraklığın "Ne zaman?", "Hangi sürede?" ve "Ne şiddette?" olacağı yönündeki belirsizlik Seyhan Havzasında yapılan bu haritalar yardımıyla bir ölçüde giderilebilecektir. Bu haritalar kullanılarak Kuraklık Yönetim Planı çerçevesinde kuraklık riski olan bölgeler daha etkin bir şekilde izlenerek acil önlem alınması gereken bölgeler hızlı bir şekilde belirlenebilecektir.

Kuraklığın etkili olduğu alanlar, yinelenme yılı arttıkça genişleyecektir. Bu noktadan hareketle, Seyhan Havzasında SYİ yöntemi ile yapılan kuraklık analizine göre, 10 yıl ve daha büyük yinelenme yıllarında oluşacak kuraklıklar havzanın tamamını etkileyecek yayılıma sahip olup, havzanın tamamı su kaynakları yönetimi bakımından risk altında olacaktır. Kuraklık Yönetim Planı çerçevesinde Seyhan Havzası ile ilgili önleyici tedbirler alınırken, elde edilen araştırma sonuçları ve haritalarda gösterilen kuraklık yayılım alanları kullanılabilir.

Kaynaklar

- Arslan, O., Bigil, A., Veske, O. (2016) Standart yağış indisi yöntemi ile Kızılırmak Havzası'nın meteorolojik kuraklık analizi. Niğde Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi 5(2): 188-194.
- Atlı, A. (2010) Yer altı suyu (YAS) kirlenme potansiyelinin, CBS tabanlı Drastic modeli kullanılarak belirlenmesi ve Erzin ovası YAS hassasiyet haritalarının geliştirilmesi. Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi.

- BestFit (2004) Users's Guide @Risk Risk Analysis And Simulation Add-In For Microsoft®Excel. <http://www.palisade.com/support/manuals.asp>. Erişim tarihi: 27 Kasım 2016.
- Chow, V.T., Maidment D.R., Ways L.W. (1988) Applied Hydrology. McGraw-Hill, Inc., Civil Engineering Series, 572 p, New York.
- Çetin, M., Keskiner, A. D., Nagano, T., Kubota, J. (2016) Coğrafi bilgi sistemleri ortamında olasılıklı bölgesel meteorolojik kuraklık analizi: Seyhan Havzası örneği. 13. Ulusal Kültürteknik Kongresi, Akdeniz Üniv. Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, 12-15 Nisan 2016, Antalya, Sözlü Bildiri, Bildiriler Kitabı, sayfa 332-339.
- Çetin, M., Topaloğlu, F., Yücel A., Tülücü K. (1998) Yağış kayıtları ve bazı önemli istatistiklerin jeostatistik yöntemle incelenmesi: Seyhan Havzası örneği. II. Ulusal Hidroloji Kongresi, sayfa 75-82, İstanbul.
- Doğan, S. (2013) Konya kapalı havzası kuraklık karakterizasyonunun zamansal-konumsal analizi. Doktora Tezi, Selçuk Üniversitesi.
- Duygu, M.B. (2015) Büyük menderes havzasının kuraklıktan etkilenebilirliğinin değerlendirilmesi. Uzmanlık Tezi, Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Su Yönetimi Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Esri (2016) Spatial Analysis. <http://www.esri.com>. Erişim tarihi: 27 Kasım 2016.
- Fidan, İ. (2011) Doğu Akdeniz Bölgesinde standardize yağış indisi (SYİ) ile kuraklık analizi ve Markov zinciri yöntemini kullanarak kurak olma olasılıklarının belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi.
- Goovaerts, P. (1988) Ordinary cokriging revisited. Mathematical Geology. International Association for Mathematical Geology 30(1): 21-42.

Coğrafi Bilgi Sistemleri Ortamında Standardize Yağış İndeksi Yöntemiyle Olasılıklı Meteorolojik Kuraklık Analizi: Seyhan Havzası Örneği

- Hasaniha, H. (2008) İran'ın kuzeybatısında kuraklık ve verim ilişkisinin analizi. Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi.
- Hayes, M.J. (2007) Drought indices. Western Water Assessment, Feature Article From Intermountain West Climate Summary, Colorado, USA.
- İçel, G. (2014) Mersin'de meteorolojik ve hidrometeorolojik afetler. International Periodical for the Languages, Literature and History of Turkish or Turkic 9(11): 263-282.
- Kanber, R., Kapur, B., Ünlü, M., Tekin, S., Koç D.L. (2003) İklim değişiminin tarımsal üretim sistemleri üzerine etkisinin değerlendirilmesine yönelik yeni bir yaklaşım: ICCAP Projesi. TMMOB 2. Su Politikaları Kongresi, 83-94.
- Kapluhan, E. (2013) Türkiye'de kuraklık ve kuraklığın tarıma etkisi. Marmara Coğrafya Dergisi 27: 487-510.
- Keskiner, A.D. (2008) Farklı olasılıklı yağış ve sıcaklıkların CBS ortamında haritalanmasında uygun yöntem belirlenmesi ve M. Turc yüzey akış haritasının geliştirilmesi: Seyhan Havzası örneği. Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi.
- Landau, S., Everitt S.B. (2004) A Handbook of Statistical Analyses. A Crc Press Company, Washington.
- Masoudi, M., Hakimi S. (2014) A new model for vulnerability assessment of drought in Iran using percent of normal precipitation Index (PNPI). Iranian Journal of Science & Technology 38A4: 435-440.
- McKee, T. B., Doesken, N. J., Kleist, J. (1993) The relationship of drought frequency and duration to time scales. Eighth Conference on Applied Climatology, 17-22 January, Anaheim, California.
- MGM (2016) Meteoroloji Genel Müdürlüğü. <http://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/kuraklik-analizi.aspx?> Erişim tarihi: 27 Kasım 2016.
- Oğuztürk, G., Yıldız, O. (2014) Kırıkkale ili'nde farklı zaman periyotları için kuraklık analizi. International Journal of Engineering Research and Development 6:2.
- Öztopal, A., Şen, Z. (2007) Bildiri kitabı. I. Türkiye iklim değişikliği kongresi, 11-13 Nisan, İTÜ, İstanbul.
- Pamuk, G., Özgürel, M., Topçuoğlu K. (2004) Standart yağış indisi (SPI) ile Ege bölgesinde kuraklık analizi. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi 41 (1):99-106.
- Paulo, A., Martins, D., Pereira, L.S. (2016) Influence of precipitation changes on the SPI and related drought severity. An analysis using long-term data series. Water Resour Manage Doi 10.1007/s11269-016-1388-5.
- Ryan, B.F., Cryer, J. (2005) Minitab Handbook. Fifth Edition, Regression and Correlation, in:313-349, Belmont, California.
- Sarıcan, Y. (2015) Avrupa Birliği ve Türkiye'de kuraklık yönetimi uygulamalarının değerlendirilmesi. Uzmanlık Tezi, Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Su Yönetimi Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Sırdaş, S. (2002) Meteorolojik kuraklık modellemesi ve Türkiye uygulaması. Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi.
- Smakhtin, V. U., Hughes D. A. (2004) Review, automated estimation and analyses of drought indices in South Asia. International Water Management Institute Working Paper 83: 25.
- Şahin, Ü., Kurnaz, L. (2014) İklim değişikliği ve kuraklık. İstanbul Politikalar Merkezi Araştırma Raporu, Ekim 2014, İstanbul.
- Şimşek, O. (2010) Türkiyede tarım yılı kuraklık değerlendirilmesi ve bitki gelişim modeli ile buğdayda kuraklık-verim analizi. Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi.
- Tonkaz, T., Çetin, M. (2005) Şanlıurfa'da kuraklık şiddetinin standardize yağış indeksi ile belirlenmesi ve kuraklık gidiş analizi. GAP IV. Tarım Kongresi, 21-23 Eylül 2005, Şanlıurfa.
- Topçu, E. (2013) L-Momentler ve standart yağış indeksi (SYİ) yardımıyla Seyhan

Coğrafi Bilgi Sistemleri Ortamında Standardize Yağış İndeksi Yöntemiyle Olasılıklı Meteorolojik Kuraklık Analizi: Seyhan Havzası Örneği

- Havzası kuraklık analizi. Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi.
- Tülücü, K. (2002) KT-310 Uygulamalı Hidroloji. Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları: 138 Ders Kitabı:A-143, 315 s., Adana
- Türkeş, M., Akgündüz A.S., Demirörs Z. (2009) Palmer kuraklık indisi'ne göre iç anadolu bölgesi'nin Konya bölümündeki kurak dönemler ve kuraklık şiddeti. Coğrafi Bilimler Dergisi 7 (2): 129-144.
- Türkeş, M., Tatlı, H. (2008) Aşırı kurak ve nemli koşulların belirlenmesi için yeni bir standartlaştırılmış yağış indisi (yeni-*SPİ*):Türkiye'ye uygulanması. IV. Atmosfer Bilimleri Sempozyumu Bildiri Kitabı, 25-28 Mart 2008, İstanbul.
- WMO (2012) Standardized Precipitation Index User Guide. World Meteorological Organization, 1090:16.