

## HATAY İLİNDE BAZI METEOROLOJİK VERİLERİN GİDİŞ ANALİZİ

Oğuz ŞİMŞEK\*, Veysel GÜMÜŞ, N. Göksu SOYDAN, Kasım YENİGÜN,  
M. Eyyüp KAVŞUT, Emre TOPÇU

### Özet

Dünya’da birçok ülkede küresel iklim değişikliği, farklı çevresel değişkenler üzerinde önemli etkiler meydana getirmektedir. Bu sebepten dolayı su kaynaklarının yönetimi için hidro-meteorolojik parametrelerde meydana gelen değişiklikleri analiz etmek ve gözlemek önem arz etmektedir. Bu çalışmada, Hatay ilinde yer alan Antakya ve İskenderun meteoroloji istasyonlarının 1970-2010 yıllarına ait ortalama sıcaklık (OS), ortalama nem (ON), ortalama rüzgar hızı (ORH) ve toplam yağış (TY) verilerinin mevsimsel ve yıllık gidiş analizi yapılmış ve anlamlı gidiş belirlenen parametrelerin gidiş eğimleri belirlenmiştir. Gidiş analizinde Mann Kendall ve Spearman’ın Rho testleri, gidiş eğimlerinin belirlenmesinde ise Sen’in gidiş eğim metodu kullanılmıştır. Anlamlı gidiş elde edilen istasyonların gidiş başlangıç yılları ise Mann-Kendall Sıra korelasyon testi ile belirlenmiştir. Çalışma sonucunda, %95 güven aralığında, Antakya istasyonunda yıllık OS’ta artan, yıllık ORH’nda azalan; İskenderun istasyonunda ise yıllık OS’ta artan, yıllık ON’de azalan ve yıllık TY’de artan yönde anlamlı gidiş belirlenmiştir.

**Anahtar kelimeler:** Asi Havzası, Gidiş Analizi, Mann-Kendall Testi, Spearman’ın Rho Testi

## TREND ANALYSIS OF SOME METEOROLOGICAL DATA IN HATAY

### Abstract

Global climate change has great impact on different environmental variables in most countries in the World. For this reason, it is vitally important to scrutinize the changes in hydro meteorological parameters for water supply management. In this study, mean temperature (MT), mean humidity (MH), mean average wind speed (MWS) and total precipitation (TP) data are obtained for the period from 1970 to 2010 for Antakya and Iskenderun stations of Hatay state which is located south of the Turkey. These data are exploited for seasonal and annual trend analysis and trend slope test is applied to determined significant trend. Mann Kendall and Spearman’s Rho tests are carried out for the trend analysis; Sen’s slope trend method is used for detecting the slopes of trend. Beginning years of trend of stations which present significant trend are procured by Mann-Kendall rank Correlation test. According to the results, in the 95% confidence interval, in the annual mean temperature increasing, in the annual mean wind speed decreasing significant trend is seen in Antakya station. Also in the İskenderun station in the annual mean humidity decreasing, in the annual total precipitation increasing significant trend is seen.

**Keywords:** Asi Basin, Trend Analysis, Mann-Kendall Test, Spearman’s Rho Test

### 1. Giriş

Günümüzde küresel ısınma ve iklim değişikliği dünya çapında en önemli çevre sorunu olarak kabul edilmektedir. Artan sıcaklıkla ilişkili olan küresel ısınma, yüksek buharlaşma

\*İnşaat Mühendisliği Bölümü, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Çukurova Üniversitesi, 01330, ADANA  
E-posta: oguzsimsek@cu.edu.tr

oranlarına sebep olması ve atmosfere yüksek oranda su buharı taşıma potansiyeline sahip olması nedeniyle hidrolojik çevrimi hızlandırmaktadır. Genelde iklim değişikliği sadece ortalama değerlerde meydana gelen farklılıklar sonucunda değil, ekstrem değerlerde meydana gelen değişiklikler durumunda da kendini göstermektedir. İklim değişikliği ve küresel ısınma yaygın olarak sıcaklık, yağış, buharlaşma, nem, güneşlenme şiddeti, rüzgâr gibi parametreler üzerinde yapılan çalışmalar sonucunda tespit edilebilmektedir. Bu parametrelerden hava sıcaklığı ve yağış, genellikle iklim değişikliği konusunda diğer parametrelere göre daha fazla öneme sahiptir. Sıcaklık ve yağış parametreleri hakkında elde edilen doğru bilgi, su kaynaklarının optimum kullanımı, sel ve kuraklık kontrolü, iklim değişikliğinin değerlendirilmesi ve etkin su yönetimi için önemli bir başlangıç noktasıdır.

İklim değişikliği konusundaki araştırmaların yapılabilmesi için gerekli olan en önemli şey iklim sistemindeki tarihsel değişimlerdir. Bununla birlikte iklim değişikliği senaryolarının ve iklimsel etkilerin araştırılmasının geliştirilmesi için gidiş analizi yöntemi, hidroloji ve klimatoloji alanlarının her ikisinde de aktif bir yöntem olarak kullanılabilir.

Gidiş analizi için parametrik ve parametrik olmayan testler bulunmaktadır. Hidro-meteorolojik verilerin gidişinin belirlenmesinde genellikle zaman serisinin bir dağılıma uyma zorunluluğunun bulunmadığı, parametrik olmayan Mann-Kendall ve Spearman'ın Rho testleri tercih edilmektedir (Bahadır ve Özdemir, 2012; Bulut ve ark., 2008; Durdu, 2010; Irvem ve ark., 2012; Kadioglu, 1997; Shadmani ve ark., 2011; Tabari ve Hosseinzadeh Talae, 2011; Topaloglu, 2006; Topaloglu ve Ozfidaner, 2012; Topaloglu ve ark., 2012; Wang ve ark., 2013; Yenigun ve ark., 2008; Yilmaz ve ark., 2010; Yusof ve ark., 2013).

Küresel iklim değişikliği ve etkileri konusuna olan ilginin artması sonucunda son yıllarda hidro-meteorolojik verilerin gidişlerinin belirlenmesi ile ilgili birçok çalışma yapılmıştır. Kadioglu (1997), Türkiye'deki 97 istasyona ait 1930-2002 yılları arasındaki yıllık, mevsimsel ve günlük yağış toplamlarının gidiş analizini Mann-Kendal korelasyon testini kullanarak yapmışlardır. Uzun dönemli zamansal özelliklere bakıldığında, kış aylarında toplam yağışta azalan eğimli gidiş belirlenmiştir. Bununla birlikte ilkbahar, yaz ve sonbahar mevsimlerinde artan gidişin varlığı görülmüştür. Karpouzou ve ark. (2010), Yunanistan'daki Pieria bölgesindeki 1974-2007 yıllarına ait yağış verilerinin gidiş analizini yapmışlardır. Yıllık, aylık ve mevsimsel olası yağış değişimlerini Mann-Kendal ve Sen'in gidiş eğim testlerini kullanarak incelemişlerdir. Dört mevsim arasında özellikle bahar aylarındaki yağış miktarında önemli düşüşler gözlenmiştir. Croitoru ve ark. (2011), Romanya'daki hava sıcaklığının değişkenliğini ve gidişini; aylık, mevsimsel ve yıllık verileri kullanarak Mann-Kendal, Sen'in gidiş eğim ve geçici hiyerarşik küme analizi yöntemleri ile analiz etmişlerdir. 106 yıllık zaman periyodunu ilk olarak 100 yıllık tek ve daha sonra 35-36 yıllık kısa üç periyoda bölmüşlerdir. Sonuç olarak; iki uzun dönem arasında fark yaratan 6 yılın şimdiki küresel ısınmada çok önemli etkiye sahip olduğunu belirlemişlerdir. Bahadır ve Özdemir (2011), İznik Gölü, havza iklimi ve seviyesindeki değişimleri istatistiksel olarak araştırmış ve gidişleri belirlemişlerdir. İklim elemanları ve su seviyesi arasında korelasyon ve regresyon analizleri yapılmış ve aralarında pozitif bir ilişki bulunmuştur. Gidiş eğilimlerini, ikinci dereceden ve doğrusal gidiş analizleri ile belirlemişlerdir. Sonuç olarak iki gidiş analizinin sonuçlarına bağlı olarak, İznik Gölü'nün

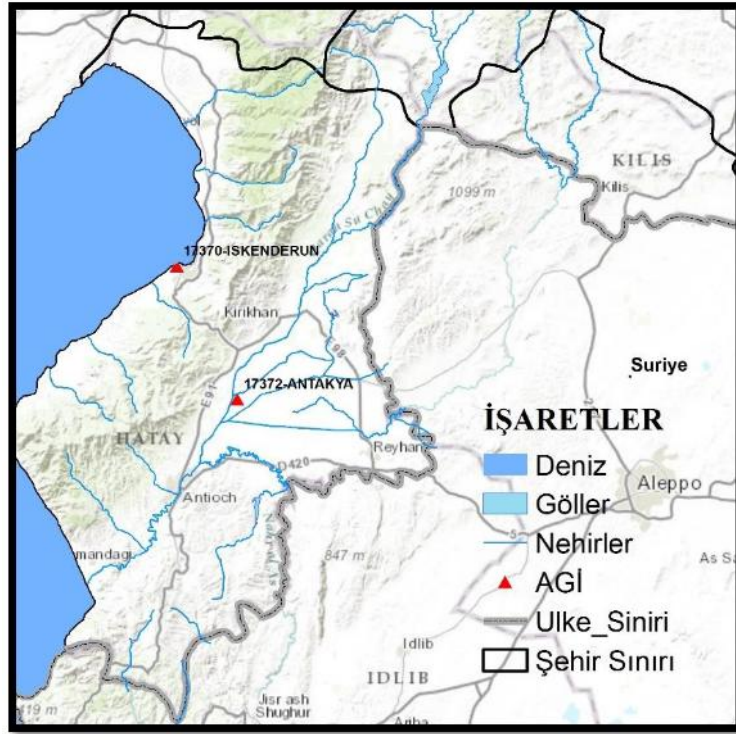
su seviyesinin 2025 yılına kadar yaklaşık 30 cm azalacağını tahmin etmişlerdir. Jiang ve ark. (2010), çalışmalarında Çin'de 2425 gözlem istasyonuna ait 1956-2004 yılları arasındaki rüzgâr hızı değişimini incelemiş, çalışma sonucunda Çin'in büyük bir kısmında azalan yönde eğilimin olduğu sonucuna varmışlardır. Tao ve ark. (2011), çalışmalarında Tarım Nehir Havzası'nda 39 meteorolojik gözlem istasyonuna ait 50 yıllık meteorolojik verilerin eğilimini araştırmışlardır. Çalışma sonucunda sıcaklık, yağış, nisbi nem ve buhar basıncı değerlerinde artan yönde, rüzgâr hızı, güneşlenme süresi ve buharlaşma değerlerinde ise azalan yönde gidiş belirlenmiştir. Yavuz ve Erdoğan (2011), Türkiye'de yıllık ve aylık yağış dağılımlarının değişimlerinin gidiş analizini Mann-Kendall testi ile yapmışlardır ve sadece merkezden uzak istasyonlarda Mart, Nisan ve Ekim aylarında pozitif gidiş eğilimi elde etmişlerdir. Fernández-Montes ve Rodrigo (2012), İberya Yarımadası'nda bulunan 25 istasyonunun 1929-2005 yılları arasında bulunan sıcaklık değerlerinin ve mevsimsel günlük ekstrem sıcaklık değerlerinin (donlu gün sayısı, tropik geceler ve yaz günleri için) gidişini bulmak için Mann-Kendall testini kullanmışlardır. 1965 yılından bu yana kıyı kesimlerde donlu gün sayısında ciddi azalma olurken, 1980 yılından beri güneydoğu kesimlerde tropik gecelerde ve daha güney istasyonlarda yaz günlerinde gözlenen aşırı sıcaklık değerlerinde ciddi artışlar gözlenmiştir. Erhat ve Türkeş (2012), Türkiye'deki 72 istasyona ait yıllık don oluşan gün sayısının gidiş analizini Mann-Kendall testi ile belirlenmiştir. Çalışma sonucunda, 16 istasyonda azalan gidiş görülmüştür. Jiang ve ark. (2012), aşırı yağış değerlerinin alan-zamansal değişimini, günlük yağış değerlerini temel alan lineer regresyon metodu ve Mann-Kendall testini kullanarak, 8 farklı yağış göstergesi için incelemişlerdir. Yağış istasyonlarının %70'inde, yağışlı günlerin sayısında ve aşırı yağış şiddetinde artış gözlenmiştir. İstasyonların çoğunda, yıllık maksimum ardışık yağışsız günler gidişi fark edilir düşüş göstermiştir. Çalışma alanının özellikle güneyinde toplam yağış miktarında ciddi artışlar olmuş ve yağış göstergelerinin çoğu gidiş eğiliminin 1980'lerin ortalarından itibaren başladığını göstermiştir. Altın (2012), yarı kurak iklimde sahip Orta Anadolu Bölgesi'nin sınırları içerisinde kalan 33 istasyona ait 1975-2007 yılları arasındaki yağış ve sıcaklık verilerini kullanarak bu verilerin değişimi incelemişlerdir. Kış ve bahar aylarındaki yağış yoğunluğundaki azalma buna karşılık yaz ve sonbahar aylarındaki yağış yoğunluğundaki artma eğilimi Mann-Kendall testi ile ortaya konmuştur. Abghari ve ark. (2013), çalışmalarında İran'ın güneyindeki dağlık bölgede bulunan 12 istasyonun 1969-1970 ve 2008-2009 dönemlerine ait nehir akım değerlerinin gidiş analizini farklı yöntemleri kullanarak yapmışlardır. %5 önem düzeyinde yıllık nehir akımında azalma gidişi gözlenmiş ve en önemli azalma gidişinin Ekim ve Kasım aylarında olduğu saptanmıştır. Yıllık ve aylık yağış miktarı değişimi çoğu ayda artma eğilimi göstermiştir. Huang ve ark. (2013), Çin'de bulunan Jiangxi'deki yağış miktarının, aşırı yağış değerlerini ve yağış yoğunluğunun alansal ve zamansal değişimini belirlemek için 1960-2008 yılları arasında çeşitli yağış göstergelerini Mann-Kendall testi uygulayarak analiz etmişlerdir. Sonuçta, istasyonlar arasında yıllık, mevsimsel ve aylık ölçekte negatif ve pozitif yağış gidişinde farklı eğilimler belirlenmiş, Ocak ve Ağustos süresince gidiş pozitif, Ekim ayında ise gidiş negatif eğim göstermiştir. Ramadan ve ark. (2013), Lübnan'daki Litani Havzası'ndaki hidro-iklimsel değişimleri 1900-2008 yılları arasında aylık ve yıllık yağış ve sıcaklık verilerini kullanarak belirlenmiştir. Sıcaklık ve yağıştaki değişim gidişini parametrik olmayan Mann-Kendall ve Sen'in gidiş eğim testlerini kullanarak analiz etmişlerdir. Çalışmanın sonucunda, ele alınan yıllar arasında tüm havzada sıcaklıkta önemli bir değişim olmamasına rağmen kuruma gidişi gözlenmiş, bunun yanında yine bu yıllar arasında yağış artmaz iken tüm mevsimlerde ısınma artmıştır.

Gocic ve Trajkovic (2013), Sırbistan'daki meteorolojik verilerin gidiş analizini yıllık ve mevsimsel olarak Mann-Kendal testi ile belirlemişlerdir. Gidiş eğimlerini ise Sen'in gidiş eğim metodu ile elde etmişlerdir.

Bu çalışmada, Meteoroloji Genel Müdürlüğü (Meteoroloji, 2012) tarafından işletilen 17372-Antakya ve 17370-İskenderun istasyonlarına ait ortalama sıcaklık, ortalama nem, ortalama rüzgar ve toplam yağış değerleri, yıllık ve mevsimsel eğilimlerinin belirlenmesi için parametrik olmayan Mann-Kendall ve Spearman'ın Rho testleri, gidiş eğimlerinin belirlenmesinde Sen'in gidiş eğim metodu kullanılmıştır. Anlamlı gidiş elde edilen istasyonların gidiş başlangıç yılları ise Mann-Kendall Sıra korelasyon testi ile belirlenmiştir.

## 2. Çalışma Alanı

Çalışmada, Şekil 1'de gösterilen Meteoroloji Genel Müdürlüğü tarafından işletilen Antakya (Enlem; 36.1981°, Boylam; 36.8244°) ve İskenderun (Enlem;35.9492°, Boylam; 36.0814°) meteoroloji gözlem istasyonlarına ait 1970-2010 yılları arasında ölçülmüş olan, ortalama sıcaklık, ortalama nem, ortalama rüzgâr hızı ve toplam yağış veri ele alınmıştır. İstasyonlara ait bu meteorolojik parametrelerin ortalama değerleri Tablo 1 de verilmiştir.



Şekil 1. Çalışma alanı

Tablo 1 incelendiğinde, her iki istasyon için de toplam yağışın en fazla kış mevsiminde, ortalama sıcaklığın ve ortalama rüzgâr hızının yaz mevsiminde oluştuğu, sonbahar

mevsiminin ortalama sıcaklık değerlerinin ortalamasının ise ilkbahar mevsimine göre daha yüksek olduğu görülmektedir.

**Tablo 1.** Kullanılan parametrelerin ortalama değerleri

Parametre	Ort. Sıcaklık (°C)		Ort. Nem (%)		Toplam Yağış (mm)		Ort. Rüzgâr Hızı (m/s)	
	Antakya	İskenderun	Antakya	İskenderun	Antakya	İskenderun	Antakya	İskenderun
Kış	9.13	12.46	72.93	61.39	490.67	253.83	2.44	2.39
İlkbahar	17.20	18.46	68.56	68.58	330.99	194.68	3.36	2.15
Yaz	26.56	27.25	70.25	73.06	31.46	63.50	5.65	2.63
Sonbahar	20.16	22.15	67.40	63.78	225.05	205.79	2.83	1.87
Yıllık	18.31	20.08	69.78	66.68	1087.05	720.69	3.56	2.26

### 3. Yöntem

Bir zaman serisinde istatistiksel olarak anlamlı bir gidişin olup olmadığı sıfır hipotezi ile kontrol edilmektedir. “H<sub>0</sub>: gidiş yok”, “H<sub>1</sub>: gidiş var” olarak ifade edilen sıfır hipotezinin kontrolü için farklı yöntemler geliştirilmiştir (Beyazıt, 1996).

#### 3.1. Mann-Kendall Testi

Bir zaman serisinde gidiş varlığının belirlenmesinde H<sub>0</sub> hipotezinin kontrolü için kullanılan Mann Kendall testi (Kendall, 1975; Mann, 1945), verilerin belirli bir dağılıma uyması zorunluluğunu aramayan ve parametrik olmayan bir testtir (Yu ve ark., 1993). Test istatistiği,

$$s = \sum_{k=1}^{n-1} \sum_{j=k+1}^n \text{sgn}(x_j - x_k) \quad \text{sgn}(x) = \begin{cases} +1, & x > 0 \\ 0, & x = 0 \\ -1, & x < 0 \end{cases} \quad (1)$$

şeklinde hesaplanır. Burada x<sub>j</sub> ve x<sub>k</sub> sırasıyla j ve k yıllarındaki gözlenen değerleri, n ise toplam yıl sayısını ifade etmektedir. n ≥ 10 için s'nin ortalaması ve varyansı sırasıyla denklem 2 ve 3 kullanılarak belirlenir.

$$E(s) = 0 \quad (2)$$

$$\text{Var}(s) = \sigma_s \sqrt{\left( n(n-1)(2n+5) - \sum_i^r t_i(t_i-1)(2t_i+5) \right) / 18} \quad (3)$$

Burada, r veri setindeki tekrar gözlem sayıları, t<sub>i</sub> değeri i uzunluğundaki bir seride tekrarlanan gözlemleri göstermektedir. Eşitlikteki toplama terimi sadece veride tekrar gözlem olduğunda kullanılır. Böylece;

$$Z = \begin{cases} (s-1)/\sigma_s, & s > 0 \\ 0, & s = 0 \\ (s+1)/\sigma_s, & s < 0 \end{cases} \quad (4)$$

şeklinde tanımlanan Z istatistiğinin dağılımı standart normal dağılımdır.

Yukarıda açıklandığı şekilde hesaplanan Z'nin mutlak değeri seçilen  $\alpha$  anlamlılık düzeyine karşı gelen normal dağılımın  $Z_{\alpha/2}$  değerinden küçük ise sıfır hipotezi kabul edilmekte ve incelenen zaman serisinde eğilim olmadığı, büyükse eğilim olduğu ve s değeri pozitif ise artan yönde, negatifse azalan yönde eğilim olduğu sonucuna varılmaktadır.

### 3.2. Spearman'ın Rho Testi

İki gözlem serisi arasında korelasyon olup olmadığını belirlemek amacıyla kullanılan bu test, doğrusal gidiş varlığının araştırılmasında hızlı ve basit bir testtir (Yue ve Wang, 2002). Sıra istatistiği olan  $Rx_i$  verilerin küçükten büyüğe veya büyükten küçüğe doğru sıralanması ile belirlenir. Spearman'ın Rho testi istatistiği  $r_s$  bağıntısı ile hesaplanır:

$$r_s = 1 - 6 \frac{\left[ \sum_{i=1}^n (Rx_i - i)^2 \right]}{(n^3 - n)} \quad (5)$$

$n > 30$  için  $r_s$  dağılımı normale yaklaşacağından normal dağılım tabloları kullanılır (Yue ve Wang, 2002). Bunun için  $r_s$ 'nin test istatistiği olarak tanımlanan Z aşağıdaki gibi hesaplanır:

$$Z = r_s \sqrt{\frac{n-2}{1-r_s^2}} \quad (6)$$

eğer  $|z|$  değeri,  $\alpha$  önem seviyesinde standart normal dağılım tablolarından tespit edilen  $Z_{\alpha/2}$  değerinden büyük ise,  $H_0$  hipotezi reddedilerek, belirli bir gidişin olduğu,  $r_s$  değeri pozitif ise artan yönde, negatifse azalan yönde eğilim olduğu sonucuna varılmaktadır

### 3.3. Mann-Kendall Sıra Korelasyon Testi

Parametrik olmayan bu test, uygulanan seride zamanla artma mı, azalma mı olduğunun tespiti için kullanılır. Test, sonuçları grafiksel olarak ifade ederken gidişin başlangıç noktasını da belirleyebilmektedir. Bu çalışmada gidiş olup olmadığını belirlemek için iki ayrı test kullanıldığı ve ayrıca eğim metodu ile bu sonuçlar desteklediği için Mann Kendall sıra korelasyon testinin gidiş-başlangıç yılını belirleme özelliğinden yararlanılmıştır.

Hidro-meteoroloji zaman serisinde baştan başlayarak veriler,  $x_i$ , teker teker göz önünde bulundurulurken veri yerine kendisinden önce gelen veriler içinde kaç tanesinin kendisinden

büyük olduğu sayılır. Bu sayıya  $n_i$  denirse  $x_i$  veri değerleri bunlarla yer değiştirerek tam sayılı bir örnek fonksiyon elde edilir.

Bu tam sayıların ardışık toplamları  $t$  ile gösterilirse:

$$t = \sum_{i=1}^n n_i \quad (7)$$

şeklinde tanımlanır. Bunun ortalaması

$$E(t) = \frac{n(n-1)}{4} \quad (8)$$

ve varyansı:

$$\text{var}(t) = \frac{n(n-1)(2n+5)}{72} \quad (9)$$

Mann-Kendall test istatistiği  $u(t)$  ise;

$$u(t) = \frac{[t - E(t)]}{\sqrt{\text{var}(t)}} \quad (10)$$

olarak hesaplanır (Sneyers, 1990).

Zamanla bir değişim yok varsayımı,  $u(t)$  nin sıfıra yakın değerleri ile ifade edilirken  $u(t)$  nin büyük değerleri bir değişimin olduğunu gösterir.  $u(t)$  nin  $\pm 1.96$ 'ya ulaşması gidişin önemlilik seviyesinin %95'lere ulaştığını gösterir.  $u'(t)$  ise seri içinde geri yönde  $u(t)$  ye benzer şekilde hesaplanır. Grafikselleştirilmesinde gidiş bulunmaması halinde bu iki eğri birbirini birkaç kez altlı üstlü keserler. Gidiş olması durumunda ise, iki eğrinin birbirini kesmeleri yaklaşık olarak gidişin başlangıç yılını verir (Yenigun ve ark., 2008).

### 3.4. Sen'in Gidiş Eğim Metodu

Sen (1968) tarafından geliştirilen parametrik olmayan bir testtir. Eğer doğrusal bir gidiş mevcut ise gerçek eğim (birim zamandaki değişim) için veri hatalarından veya ekstrem değerlerden etkilenmeyen, eksik değerlerin bulunduğu kayıtlara uygulanabilen parametrik olmayan bir yöntem kullanılabilir (Yu ve ark., 1993). Burada veri sayısı  $n$  olmak üzere önce  $j$  ve  $k$  zamanlarındaki veriler  $x_j$  ve  $x_k$  ise ( $j > k$ )

$$N = n(n-1)/2 \quad (11)$$

adet olmak üzere  $Q_i$  parametresi:

$$Q_i = (x_j - x_k)/(j - k) \quad (i = 1, \dots, N) \quad (12)$$

bağıntısı ile hesaplanır. Bu bağıntı yardımı ile tüm  $Q_i$  değerleri küçükten büyüğe doğru sıralanır. Sen yöntemine göre, hesaplanan  $N$  adet  $Q_i$  değerlerinin medyanı söz konusu doğrusal gidişin eğimini verir.  $N$  sayısının tek olması durumunda:

$$Q_{medyan} = Q_{(N+1)/2} \quad (13)$$

eşitliği, çift olması durumunda ise,

$$Q_{medyan} = \frac{Q_{N/2} + Q_{(N+2)/2}}{2} \quad (14)$$

eşitliği kullanılarak, ilgili gözlemlerin birim zamandaki değişimi bulunur. Bu değer pozitif olması artan yönde, negatif olması ise azalan yönde bir eğilimin olduğunu gösterir.

#### 4. Bulgular ve Tartışma

Mann-Kendall ve Spearman'ın Rho testi ile yapılan gidiş analizi sonuçları ile elde edilen  $Z$  değerleri Tablo 2'de verilmiştir. %95 güven aralığında ( $\alpha=0.05$ ) gidiş belirlenen parametrelerin  $Z$  değerleri koyu renkle gösterilmiştir. Ortalama sıcaklıkların gidişleri incelendiğinde, İskenderun istasyonunda yaz, sonbahar ve yıllık ortalama sıcaklıklarda, Antakya istasyonunda ise ilkbahar, yaz, sonbahar ve yıllık ortalama sıcaklıklarda artan yönde anlamlı gidiş oluşumu görülmektedir. Ortalama nem değerlerinde ise İskenderun istasyonunda dört mevsimde ve yıllık ortalama nem değerlerinde azalan bir gidiş varlığı görülürken, Antakya istasyonunda ise dört mevsimde ve yıllık ortalama nem değerlerinde anlamlı gidiş belirlenmemiştir. Toplam yağış verilerinde, sadece İskenderun istasyonunda yıllık toplam yağışın artan eğilimde olduğu, diğer mevsimlerde ve Antakya istasyonunda ise anlamlı gidiş varlığı görülmemiştir. Ortalama rüzgar hızı verilerinde ise Antakya istasyonunda dört mevsimde ve yıllık ortalama rüzgar hızı değerlerinde azalan yönde belirgin bir gidiş varlığı belirlenmiş, İskenderun istasyonunda ise tüm mevsimlerde ve yıllık ortalama rüzgar hızında anlamlı gidiş varlığına rastlanmamıştır.

**Tablo 2.** Mann-Kendall ve Spearman'ın Rho testi sonuçları (%95 güven aralığında)

İstasyon	Mevsim	Kış		İlkbahar		Yaz		Sonbahar		Yıllık	
		MK	SP	MK	SP	MK	SP	MK	SP	MK	SP
Antakya	Ort.Sıcaklık	0.41	0.65	2.53*	2.81*	4.99*	↑6.98*	2.41*	2.70*	3.83*	4.75*
	Ort.Nem	-0.24	-0.06	-0.52	-0.51	1.69	1.62	-0.38	-0.42	-0.10	-0.01
	Top.Yağış	1.18	1.25	0.08	0.05	-1.48	-1.42	0.28	0.17	0.44	0.38
	Ort.Rüzgar	-7.74*	-20.74*	-7.47*	-19.23*	-7.68*	-20.31*	-7.44*	-18.03*	-7.88*	-25.6*
İstasyon	Mevsim	Kış		İlkbahar		Yaz		Sonbahar		Yıllık	
		MK	SP	MK	SP	MK	SP	MK	SP	MK	SP
İskenderun	Ort.Sıcaklık	0.63	0.70	1.46	1.52	4.36*	5.73*	2.66*	3.28*	3.51*	4.44*
	Ort.Nem	-3.06*	-3.23*	-3.93*	-4.76*	-3.94*	-4.80*	-4.74*	-6.19*	-4.48*	-5.54*
	Top.Yağış	1.81	1.80	0.29	0.37	0.51	0.40	1.27	1.30	2.19*	2.26*
	Ort.Rüzgar	-0.78	-0.74	0.43	0.38	1.03	1.88	0.94	1.09	0.29	0.69

\* İşareti % 95 önem seviyesinde önemli olduğunu belirtmektedir.

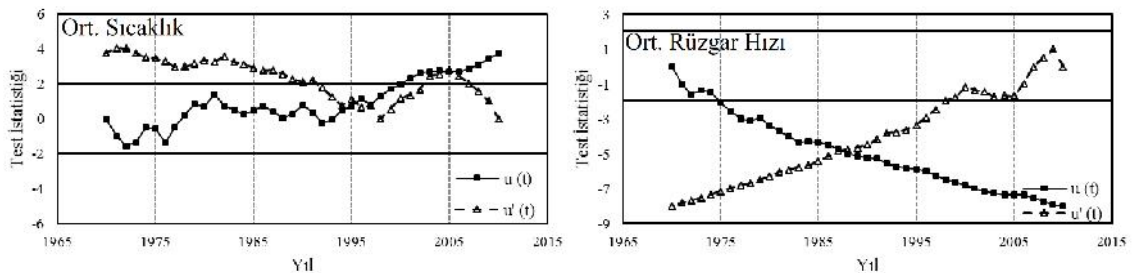


**Tablo 3.** Anlamli gidiş belirlenen parametrelere ait gidiş eğimleri ve gidiş başlangıç yılları (%95 güven aralığında)

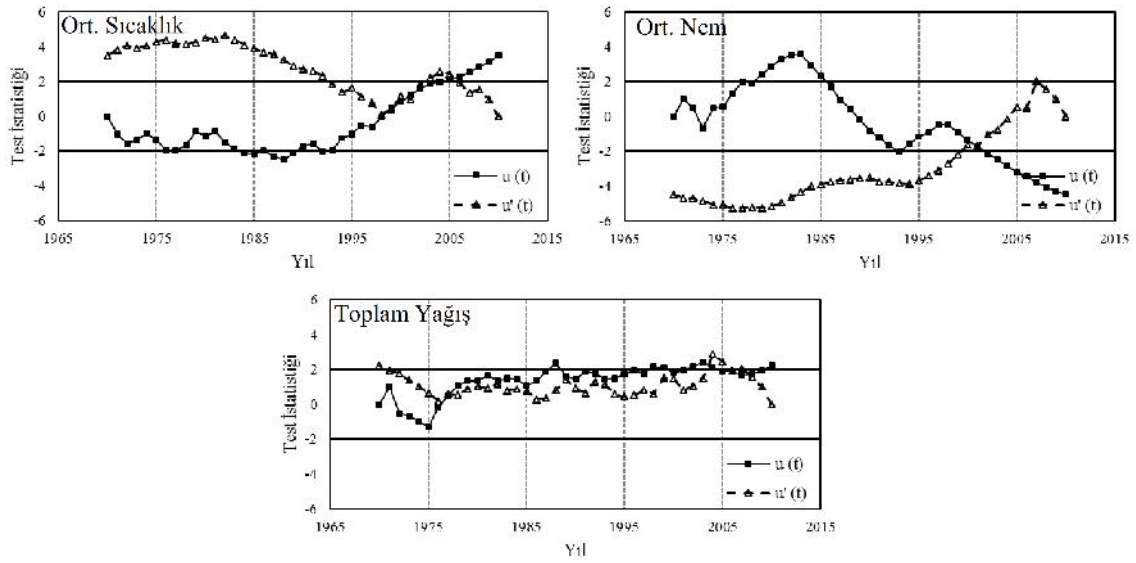
İstasyon	Mevsim	Kış		İlkbahar		Yaz		Sonbahar		Yıllık	
		Eğim	Baş. Yılı	Eğim	Baş. Yılı	Eğim	Baş. Yılı	Eğim	Baş. Yılı	Eğim	Baş. Yılı
Antakya	Ort.Sıcaklık	-	-	0.024	2000	0.036	1996	0.025	1998	0.028	1995
	Ort.Nem	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Top.Yağış	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Ort.Rüzgar	-0.051	1988	-0.053	1989	-0.092	1987	-0.050	1986	-0.063	1987
İskenderun	Ort.Sıcaklık	-	-	-	-	0.041	1999	0.032	2002	0.028	1999
	Ort.Nem	-0.228	2001	-0.249	2000	-0.276	2003	-0.323	1999	-0.272	2001
	Top.Yağış	-	-	-	-	-	-	-	-	2.823	1977
	Ort.Rüzgar	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Tablo 3’de anlamlı gidiş belirlenen parametrelere ait Sen’in gidiş eğim metodu ve Mann-Kendall sıra korelasyon testi ile belirlenen gidiş eğimleri ve gidiş başlangıç yılları verilmiştir. Gidiş eğimlerinin birimi; ortalama sıcaklık, ortalama nem, toplam yağış ve ortalama rüzgâr hızı için sırasıyla °C/yıl, %/yıl, mm/yıl ve m/s/yıl şeklindedir. Gidiş eğimleri incelendiğinde İskenderun istasyonunda ortalama sıcaklıklarda en yüksek eğim değeri yaz ayında gözlemlendiği, ortalama nem değerlerinde en yüksek eğimin sonbaharda olduğu görülmüştür. Antakya istasyonunda ise ortalama sıcaklıklarda ve ortalama rüzgâr hızında en yüksek eğim değeri yaz mevsiminde oluşmuştur. Gidiş başlangıç yılları incelendiğinde iki istasyonunda ortalama sıcaklıklarının 1995-2002 yılları arasında, İskenderun istasyonunun ortalama nem gidiş başlangıç yıllarının tüm mevsimlerde ve yıllık olarak 2001-2003 yılları arasında, Antakya istasyonu ortalama rüzgar hızının gidiş başlangıç yıllarının ise 1986-1989 yılları arasında olduğu, İskenderun istasyonu yıllık toplam yağış verilerinin artış gidişinin ise 1977 yılında başladığı görülmüştür. İstatistiksel olarak anlamlı gidiş belirlenemeyen parametrelerin gidiş eğimleri verilmemiştir.

Mann-Kendall sıra korelasyon testi ile, gidiş belirlenen yıllık meteorolojik verilere ait  $u(t)$  ve  $u'(t)$  grafikleri Şekil 2’de verilmiştir.  $u(t)$  değerlerinin tüm grafiklerde %95 güven aralığı sınırı olan +1.96 değerini aştığı, Mann-Kendall ve Spearman’ın Rho testlerine paralel olarak bir gidişin oluşumunu göstermektedir. Ayrıca  $u(t)$  ve  $u'(t)$  çizgilerinin kesişimleri gidiş başlangıç yılı olarak kabul edilmiştir.



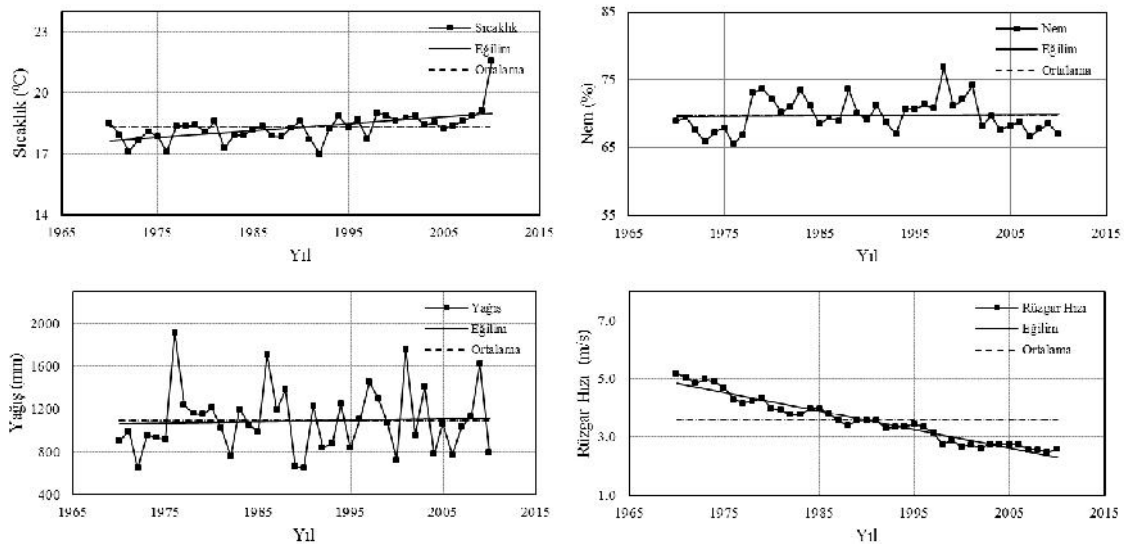
a) Antakya İstasyonu

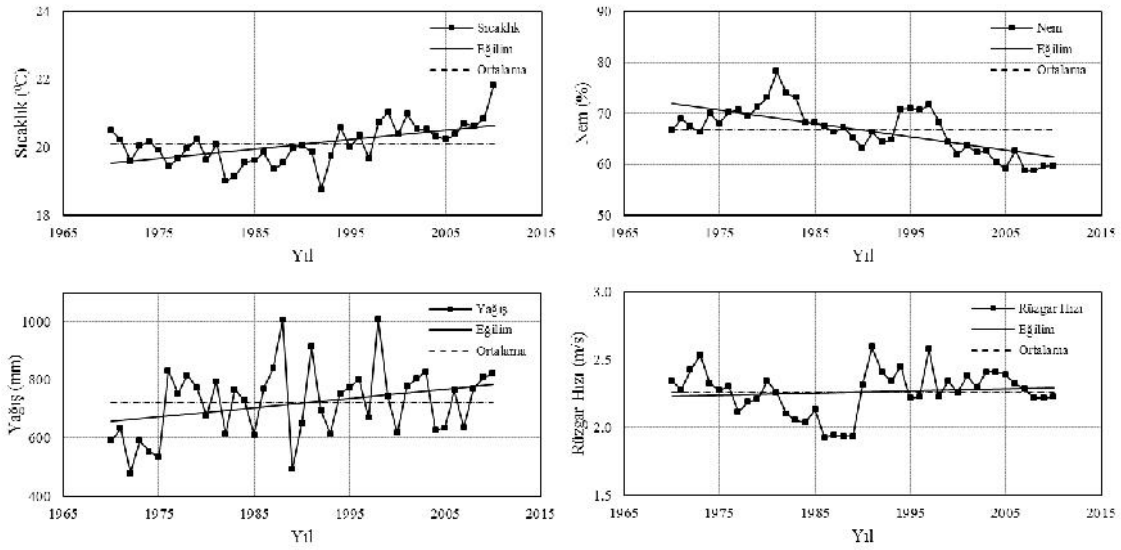


b) İskenderun İstasyonu

**Şekil 2.** Gidiş belirlenen yıllık meteorolojik veri değerlerinin  $u(t)$  ve  $u'(t)$  grafikleri

Antakya ve İskenderun istasyonlarının yıllık ortalama sıcaklık, yıllık ortalama nem, yıllık toplam yağış ve yıllık ortalama rüzgâr hızı verilerinin zamansal değişimleri, ortalamaları ve doğrusal eğilimleri Şekil 3 ve 4'te verilmiştir. Bu grafiklerdeki doğrusal eğilimlerin, Sen'in gidiş eğim metodu ile aynı yönde olduğu anlaşılmaktadır. Ayrıca, Antakya istasyonu ortalama nem ve toplam yağış parametrelerinde ve İskenderun istasyonu ortalama rüzgâr hızı parametrelerinde doğrusal eğilimin çok az olduğu görülmektedir. Bu parametrelerde Mann-Kendall ve Spearman'ın Rho testleri ile istatistiksel olarak anlamlı gidiş belirlenmemiştir.

**Şekil 3.** Antakya istasyonu yıllık meteorolojik parametrelerinin zamansal değişimleri, ortalamaları ve eğilimleri



**Şekil 4.** İskenderun istasyonu yıllık meteorolojik parametrelerinin zamansal değişimleri, ortalamaları ve eğilimleri

Elde edilen eğilimler ülkemizde yapılan diğer çalışmalar ile kıyaslandığında, özellikle mevsimsel ve yıllık değerlerde belirlenen artan yönde gidişin, Bahadır (2011) tarafından Antakya istasyonunu da kapsayan Akdeniz bölgesinde yaptığı çalışma ile paralellik gösterdiği görülmüştür. Bahadır (2011) tarafından Antakya istasyonunda yağış değerlerinin eğilimi azalan yönde belirlenmesine rağmen, bu çalışmada ise Antakya istasyonunda anlamlı bir gidiş belirlenmemiştir, ayrıca İskenderun istasyonunda ise yıllık toplam yağış değerlerinde artan yönde anlamlı bir gidiş belirlenmiştir.

## 5. Sonuçlar

Hatay ilinde bulunan Antakya ve İskenderun meteoroloji gözlem istasyonlarının 1970-2010 yıllarına ait ortalama sıcaklık, ortalama nem, ortalama rüzgar hızı ve toplam yağış verilerinin mevsimsel ve yıllık gidiş analizi yapılmıştır. Gidiş analizinde Mann- Kendall ve Spearman'ın Rho testleri, gidiş eğiliminin belirlenmesinde ise Sen'in gidiş eğim metodu kullanılmıştır. Mann-Kendall sıra korelasyon testi ile anlamlı gidiş elde edilen istasyonların gidiş başlangıç yılları belirlenmiştir. %95 güven aralığında yapılan gidiş analizi sonuçlarında, İskenderun istasyonunda, ortalama sıcaklıkta; yaz ve sonbahar mevsimlerinde artan yönde, ortalama nemde; tüm mevsimlerde azalan yönde anlamlı gidiş belirlenmiştir. Antakya istasyonunda, ortalama sıcaklıkta kış mevsimi dışında tüm mevsimlerde artan yönde ve ortalama rüzgar hızında tüm mevsimlerde azalan yönde anlamlı bir gidiş görülmüştür. Toplam yağış değerlerinde her iki istasyonda da mevsimsel bir gidiş bulunamamıştır. Yıllık verilerde ise, İskenderun istasyonunun ortalama sıcaklık değerlerinde artan, ortalama nemde azalan ve toplam yağışlarında artan, Antakya istasyonunun da ise ortalama sıcaklık değerlerinde artan ve ortalama rüzgar hızında ise azalan yönde anlamlı gidiş belirlenmiştir. Antakya istasyonu ortalama sıcaklık ve ortalama rüzgâr hızı eğiliminin en fazla yaz mevsiminde olduğu, İskenderun istasyonu ortalama sıcaklık eğiliminin de Antakya istasyonu gibi yaz mevsiminde meydana geldiği, İskenderun istasyonu ortalama nem eğiliminin değişiminin ise en fazla sonbahar

mevsiminde olduğu görülmüştür. İskenderun istasyonu yıllık toplam yağış eğimi ise 2.823 mm/yıl olarak bulunmuştur. Antakya istasyonunda belirlenen anlamlı gidişlerin başlangıç yılları, yıllık ortalama sıcaklık için 1995 yılı, yıllık ortalama rüzgâr hızı için 1987 yılı, İskenderun istasyonu yıllık ortalama sıcaklık, yıllık ortalama nem ve yıllık toplam yağış için sırasıyla 1999, 2000 ve 1977 yılları olarak belirlenmiştir.

## 6. Kaynaklar

- Abghari, H., Tabari, H. ve Hosseinzadeh Talae, P. (2013). "River flow trends in the west of Iran during the past 40years: Impact of precipitation variability." *Global Planet Change*, 101(2013), 52-60.
- Altın, T. B. (2012). "Change in Precipitation and Temperature Amounts over Three Decades in Central Anatolia, Turkey." *Atmospheric and Climate Sciences*, 2(01), 107-125.
- Bahadır, M. ve Özdemir, M. A. (2011). "Climate Trend Analysis of the Level Changes of Iznik Lake in Turkey." *Journal of Biology and Life Sciences*, 2(3), 4-13.
- Bahadır, M. ve Özdemir, M. A. (2012). "Acıgöl Havzası'nda Yağışın Trend Analizi ve Haritalanması." *Türk Coğrafya Dergisi* 57, 33-42.
- Beyazıt, M. (1996). *İnşaat Mühendisliğinde Olasılık Yöntemleri*, İTÜ İnşaat Fakültesi Matbaası, İstanbul.
- Bulut, H., Yeşilata, B. ve Yeşilnacar, M. I. (2008). "Trend Analysis for Examining the Interaction between the Atatürk Dam Lake and Its Local Climate." *International Journal of Natural and Engineering Science* 2(3), 115-123.
- Croitoru, A.-E., Holobaca, I.-H., Lazar, C., Moldovan, F. ve Imbroane, A. (2011). "Air temperature trend and the impact on winter wheat phenology in Romania." *Climatic Change*, 111(2), 393-410.
- Durdu, Ö. F. (2010). "Effects of climate change on water resources of the Büyük Menderes river basin, western Turkey." *Turk J Agric For*, 34(2010), 319-332.
- Erlat, E. ve Türkeş, M. (2012). "Analysis of observed variability and trends in numbers of frost days in Turkey for the period 1950-2010." *International Journal of Climatology*, 32(12), 1889-1898.
- Fernández-Montes, S. ve Rodrigo, F. S. (2012). "Trends in seasonal indices of daily temperature extremes in the Iberian Peninsula, 1929-2005." *International Journal of Climatology*, 32(15), 2320-2332.
- Gocic, M. ve Trajkovic, S. (2013). "Analysis of changes in meteorological variables using Mann-Kendall and Sen's slope estimator statistical tests in Serbia." *Global Planet Change*, 100(2013), 172-182.
- Huang, J., Sun, S. ve Zhang, J. (2013). "Detection of trends in precipitation during 1960–2008 in Jiangxi province, southeast China." *Theoretical and Applied Climatology*.
- Irvem, A., Topaloglu, F. ve Ozfidaner, M. (2012). "Trends in Turkish monthly mean streamflow." *J Food Agric Environ*, 10(3-4), 900-904.
- Jiang, F.-q., Hu, R.-J., Wang, S.-P., Zhang, Y.-W. ve Tong, L. (2012). "Trends of precipitation extremes during 1960–2008 in Xinjiang, the Northwest China." *Theoretical and Applied Climatology*, 111(1-2), 133-148.
- Jiang, Y., Luo, Y., Zhao, Z. C. ve Tao, S. W. (2010). "Changes in wind speed over China during 1956-2004." *Theoretical and Applied Climatology*, 99(3-4), 421-430.
- Kadioglu, M. (1997). "Trends in surface air temperature data over Turkey." *International Journal of Climatology*, 17(5), 511-520.

- Karpouzou, D. K., Kavalieratou, S. ve Babajimopoulos, C. (2010). "Trend analysis of precipitation data in Pieria Region (Greece) " *European Water Resources Association*, 30(2010), 31-40.
- Kendall, M. G. (1975). *Rank Correlation Methods*, Charles Griffin, London.
- Mann, H. B. (1945). "Nonparametric Tests Against Trend." *Econometrica*, 13(3), 245-259.
- Meteoroloji (2012). "Aylık Meteorolojik Veriler." <http://www.tumas.dmi.gov.tr/wps/portal>.
- Ramadan, H. H., Beighley, R. E. ve Ramamurthy, A. S. (2013). "Temperature and Precipitation Trends in Lebanon's Largest River: The Litani Basin." *Journal of Water Resources Planning and Management*, 139(1), 86-95.
- Sen, P. K. (1968). "Estimates of the Regression Coefficient Based on Kendall's Tau." *Journal of the American Statistical Association*, 63(324), 1379-1389.
- Shadmani, M., Marofi, S. ve Roknian, M. (2011). "Trend Analysis in Reference Evapotranspiration Using Mann-Kendall and Spearman's Rho Tests in Arid Regions of Iran." *Water Resources Management*, 26(1), 211-224.
- Sneyers, R. (1990). *On the statistical analysis of series of observations*, Secretariat of the World Meteorological Organization.
- Tabari, H. ve Hosseinzadeh Talaei, P. (2011). "Analysis of trends in temperature data in arid and semi-arid regions of Iran." *Global Planet Change*, 79(1-2), 1-10.
- Tao, H., Gemmer, M., Bai, Y., Su, B. ve Mao, W. (2011). "Trends of streamflow in the Tarim River Basin during the past 50years: Human impact or climate change?" *Journal of Hydrology*, 400(1-2), 1-9.
- Topaloglu, F. (2006). "Trend detection of streamflow variables in Turkey." *Fresen Environ Bull*, 15(7), 644-653.
- Topaloglu, F. ve Ozfidaner, M. (2012). "Regional Trends of Precipitation in Turkey." *Fresen Environ Bull*, 21(10), 2908-2915.
- Topaloglu, F., Ozfidaner, M. ve Aydin, F. (2012). "Regional trends in Turkish pan evaporation." *J Food Agric Environ*, 10(3-4), 960-962.
- Turkes, M., Koc, T. ve Saris, F. (2009). "Spatiotemporal variability of precipitation total series over Turkey." *International Journal of Climatology*, 29(8), 1056-1074.
- Wang, H., Chen, Y., Chen, Z. ve Li, W. (2013). "Changes in annual and seasonal temperature extremes in the arid region of China, 1960–2010." *Natural Hazards*, 65(3), 1913-1930.
- Yavuz, H. ve Erdoğan, S. (2011). "Spatial Analysis of Monthly and Annual Precipitation Trends in Turkey." *Water Resources Management*, 26(3), 609-621.
- Yenigun, K., Gumus, V. ve Bulut, H. (2008). "Trends in streamflow of the Euphrates basin, Turkey." *P I Civil Eng-Wat M*, 161(4), 189-198.
- Yilmaz, A. G., Imteaz, M. A., Gato-Trinidad, S. ve Hossain, I. (2010). "Climate change finger prints in mountainous Upper Euphrates Basin." *International Journal of Civil and Environmental Engineering*, 3(1), 13-21.
- Yu, Y.-S., Zou, S. ve Whittemore, D. (1993). "Non-parametric trend analysis of water quality data of rivers in Kansas." *Journal of Hydrology*, 150(1), 61-80.
- Yue, S. ve Wang, C. (2002). "The influence of serial correlation on the Mann–Whitney test for detecting a shift in median." *Advances in Water Resources*, 25(3), 325-333.
- Yusof, F., Hui–Mean, F. O. O., Suhaila, S. ve Ching–Yee, K. (2013). "Trend Analysis for Drought Event in Peninsular Malaysia." *Jurnal Teknologi*, 57(1), 211-218.