



Ege Coğrafya Dergisi, 18/(1-2) (2009), 1-15, İzmir
Aegean Geographical Journal, 18/(1-2) (2009), 1-15, İzmir—TURKEY

EGE BÖLGESİ'NDE TROPİKAL GÜN VE YAZ GÜNÜ SAYILARINDAKİ DEĞİŞİM VE EĞİLİMLER

Variation and Trends in Tropical and Summer Days at the Aegean Region of Turkey

Ecmel ERLAT

*Ege Üniversitesi Edebiyat Fakültesi Coğrafya Bölümü 35100 Bornova-İzmir
ecmel.erlat@ege.edu.tr*

Doğukan Doğu YAVAŞLI

*Ege Üniversitesi Edebiyat Fakültesi Coğrafya Bölümü 35100 Bornova-İzmir
dogukan.yavasli@ege.edu.tr*

Abstract

In the study the variation and trends in tropical and summer days at the Aegean region between the years 1939-2008 at 10 stations was examined. Time series plots at the Aegean region shows that the annual numbers of tropical and summer days are generally below the long term average up to the beginning 1980's and are in an increasing trend from this time. Especially the positive anomaly values that could be observed in all stations between the years 1998 - 2008 are remarkable. With respect to Mann-Kendall trend analysis, increasing trend of annual number of summer and tropical days has been detected in all inspected stations. The increasing trend is statistically significant at 0.05 level except the stations Afyon and Manisa for summer days and Afyon for tropical days. This trend contains two different periods. For annual numbers of summer and tropical days statistically no significance is detected at the increasing or decreasing trends between 1939 and first half of 1970's while statistically significant increasing trend is detected in all stations since then. This situation shows that at warm period of the year daytime temperatures are increasing and thermal conditions are getting hotter at Aegean region.

Key words: Extreme temperature, climate indices, climate change, Aegean Region.

Öz

Çalışmada, Ege Bölgesi'ndeki 10 istasyonun 1939-2008 yılları arasında yıllık tropikal gün ve yaz günü sayılarında görülen eğilim ve değişiklikler incelendi. Ege Bölgesi'nde zaman dizisi çizimleri, istasyonlarda yıllık yaz ve tropikal gün sayılarının 1980'li yılların başlarına kadar genellikle uzun yıllar ortalamasının altında kaldığını, bu tarihten itibaren belirgin bir artış eğilimi içinde olduğunu göstermektedir. Özellikle 1998-2008 yılları arasında tüm istasyonlarda kesintisiz pozitif anomali değerleri dikkat çekicidir. Mann-Kendall trend analizinin sonuçlarına göre, incelenen tüm istasyonlarda yıllık tropikal gün ve yaz günü sayılarında bir artma eğilimi belirlenmiştir. Artma eğilimi yaz günü sayılarında Afyon ve Manisa, tropikal gün sayılarında Afyon dışındaki istasyonlarda

0.05 düzeyinde istatistiki olarak anlamlıdır. Bu eğilim iki farklı dönemi içermektedir. Yıllık tropikal gün ve yaz günü sayılarında 1939 yılından 1970’li yılların ilk yarısına kadar istatistiki olarak anlamlı olmayan artış veya azalış eğilimleri gözlenirken, 1970’li yılların ikinci yarısından günümüze kadar olan dönemde ise tüm istasyonlarda istatistiki olarak anlamlı artış eğilimleri egemen olmaktadır. Bu durum Ege Bölgesi’nde yılın sıcak döneminde gündüz hava sıcaklıklarının yükseldiğini, termik koşulların daha sıcak değerlere doğru kaydığını göstermektedir.

Anahtar kelimeler: Ekstrem sıcaklık, iklim indisleri, iklim değişimi, Ege Bölgesi.

Giriş

Yeryüzünün belirli bir yerinde “nadir” görülen hava olayları, istatistiksel dağılıma göre ekstrem olarak tanımlanmaktadır. Ölçülen sıcaklık veya yağış değerinin nadir olarak tanımlanabilmesi için çeşitli istatistiksel dağılım fonksiyonları temel alınmakta ve genellikle normal olasılık dağılımına göre, ölçülen değerin 10. ve 90. persantil aralığına dahil olması gerekmektedir (IPCC 2007). Sıcak ve soğuk hava dalgaları, şiddetli yağışlar veya kuraklıklar gibi ekstrem hava olayları, ekolojik sistemleri ve insan yaşamını doğrudan etkilemektedir. İstatistiksel değerlendirmeler, 19. yüzyılın son çeyreğinden itibaren atmosferin kuvvetlenen sera etkisine bağlı olarak iklim elemanlarında sadece ortalama değerlerin değil standart sapma ile ekstrem olayların frekans ve şiddetlerinin de değişeceğini göstermektedir. Bu nedenle ekstrem olaylarda belirlenen değişim ve eğilimler, iklim değişmelerinin önemli göstergelerinden biri olarak kabul edilmektedir. Oluşturulan iklim modelleri, küresel sıcaklıklarda gözlenen artış eğilimi ve buna bağlı olarak hidrolojik döngünün hızlanması ile ilişkili olarak, 21. yüzyılda tüm dünyada ekstrem olayların frekansı veya şiddetinde artışlar öngörmektedir.

Güney ve Orta Amerika, Afrika ve Asya’nın güneyine ait uzun dönemli günlük meteorolojik gözlemlerin bulunamaması veya eksikliği, küresel ölçekte ekstrem olaylardaki değişim ve eğilimlerin belirlenmesini güçleştirmiştir. Ancak son yıllarda gözlemlerin sayısı ve niteliğindeki artış, bu konudaki çalışmalara hız vermiştir. Sonuçlar başta sıcaklıklar olmak üzere, günlük maksimum yağış, orta enlem depresyonlarına bağlı fırtınalar ve tropikal siklonlar gibi ekstrem olaylarda birtakım değişimlerin olduğunu ve değişim hızının ortalamalara göre daha hızlı gerçekleştiğini göstermektedir (Frich vd., 2002; Kiktev vd., 2003).

Ekstrem olaylar içinde değerlendirilen ve sıcaklıkların belli bir eşik değerine geçmesi ile

gerçekleşen tropikal ve yaz günleri sayıları üzerinde yapılan çalışmalar da 20. yüzyılın son çeyreğinde daha belirgin olmak üzere değerlerin değiştiğini göstermektedir. Örneğin küresel ölçekte dağılım gösteren 200 istasyonun günlük sıcaklıklarının 1951-2003 dönemi ve 16 sıcaklık indisi dikkate alınarak değerlendirildiği bir çalışma, yaz günlerinin yıllık sayılarının Hindistan’ın büyük bir kısmı ile ABD’nin doğusundaki dar bir alanda azama, Kanada’nın kuzeyi, Avrupa’nın batısı, Orta Doğu, Avustralya ve Brezilya’nın güneyinde ise anlamlı ölçüde artış eğilimi gösterdiğini ortaya koymuştur (Alexander vd., 2006).

Avrupa için yapılan çalışmaların sonuçlarını değerlendirdiğimizde, son 30 yıl içinde, yaz günü sayılarının ve sıcak hava dalgalarının daha sık görüldüğü ortaya çıkmaktadır. Bu eğilim kıtanın batı ve güney bölgelerinde kuvvetlenmektedir. Özellikle yaz günleri ve tropikal günlerin de içinde bulunduğu birçok sıcaklık indisinde 1970’lerin ortalarına kadarki dönemin trendleri soğumayı işaret ederken, 20.yüzyılın son çeyreğinde artışı işaret etmesi oldukça dikkat çekicidir. 1946–1999 yılları arasında Avrupa’daki bazı istasyonların sıcaklık ekstremlerinin incelendiği bir başka çalışma da kıtada yaz günleri sayısındaki artışı işaret etmektedir. Bu ısınma eğilimi yaz günleri için 42 istasyonun 16’sında istatistiksel olarak anlamlıdır (Klein ve Können, 2003). Yaz mevsiminde Akdeniz Havzası’nda deniz suyu sıcaklıkları ve atmosfer dolaşımı ile bağlantılı olarak hava sıcaklıklarının 1950–1999 dönemi için incelendiği bir çalışma, en serin yazların 1960’ler ile 1970’lerin ortaları olduğunu ve bu dönemde en serin yazın ise 1976 yılında yaşandığını göstermektedir. 1950’ler, 1980’ler ve 1990’lar ise daha sıcak yaz mevsimleri ile karakterize olmakta, en yüksek değerlere 1994 ile 1999 yıllarında rastlanmaktadır (Xoplaki vd., 2003). İspanya’da rasatları 1894 yılına uzanan 22 istasyonun sıcaklık gözlemleri incelendiğinde, 2003 yılına kadar sıcak

günlerin sayısındaki artıştan çok, soğuk günlerin sayısının azaldığı belirlenmiştir. Ancak 1973 yılından itibaren Akdeniz'e komşu istasyonlarda daha belirgin olmak üzere sıcak günlerin sayısında belirgin bir artış gözlenmiştir (Brunet vd., 2006). Karpat Havzası'nın 1946–2001 yılları arası sıcaklık ve yağış ekstremelerindeki değişim dikkate alındığında yaz günleri, tropik günler, sıcak geceler ve sıcak günlerin sayısında önemli bir artış eğilimi (10 yılda 6 günden fazla) gözlenmektedir (Bartholy ve Pongracz, 2007). Nastos ve Matzarakis (2008) Yunanistan'da tropikal günlerinin sayısında 1955–1976 arası dönemde negatif, 1976–2000 arası dönemde ise pozitif bir eğilim belirlemişlerdir. Pozitif eğilimin en yüksek olduğu istasyonlar aynı zamanda Yunanistan'ın kentsel gelişmeye bağlı kuvvetli ısı adalarının oluştuğu kentlerdir. Kioutsoukis vd. (2009), Yunanistan'da 19 istasyonun 7'sinde yaz günleri sayılarında anlamlı bir artış eğiliminin olduğunu ve ısınma eğiliminin özellikle yaz aylarında belirginleştiğini belirtmektedir.

Türkiye'de minimum ve maksimum sıcaklıklar ile günlük sıcaklık farklarının değişim ve eğilimleri üzerine yapılan çalışmalar, Türkiye'nin büyük bir bölümünde 1992 yılına kadar maksimum sıcaklık dizilerinde -ilkbahar dışında- genel bir azalma eğiliminin egemen olduğunu ancak bu tarihten sonra ortalama ve minimum sıcaklık dizilerinde olduğu gibi maksimum sıcaklıkların da özellikle

ilkbahar ve yaz mevsimlerinde artışlar gözlendiğini ortaya koymuştur. 1929-1999 yılları arası kapsayan çalışmanın sonuçları Ege Bölgesi'nde yıllık maksimum sıcaklıkların Afyon ve Manisa dışındaki istasyonlarda artma eğilimi gösterdiğini bunlardan Uşak, Dikili ve Akhisar'daki artışların istatistiki olarak anlamlı olduğunu göstermiştir (Türkeş vd., 2002). Türkiye'deki 100 istasyonunun 1971–2004 yılları arası dönemdeki sıcaklık gözlemlerine göre yaz günlerinin sayısı bütün istasyonlarda artmaktadır. Mann-Kendall test sonuçlarına göre özellikle Karadeniz kıyısındaki istasyonların büyük bir çoğunluğunda %5 seviyesinde anlamlı artış trendi belirlenmiştir (Şensoy vd., 2008).

Bu çalışmanın amacı, Ege Bölgesi'nde yıllık yaz ve tropikal gün sayılarında son 70 yıldaki değişim ve eğilimleri belirlemektir.

Veri ve Yöntem

Çalışmada, Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü'nden alınan ve Ege Bölgesi'ndeki 10 istasyonda kaydedilen günlük maksimum sıcaklıklar kullanılmıştır. İstasyonların seçiminde kayıt uzunlukları (70 yıl dolayında olan) ve rasat süresi içinde eksik gözlemlerin olmaması gibi ölçütler esas alınmıştır (Tablo 1).

Tablo 1: Sıcaklık gözlemlerinden yararlanılan istasyonların coğrafi koordinatları ve yükseltileri.
Table 1: The stations of which temperature observations used and their coordinates and elevations.

İstasyon Adı	Rasat Süresi	Enlem	Boylam	Yükselti (m)
Kütahya	1939–2008	39° 25'	29° 58'	969
Uşak	1939–2008	38° 41'	29° 24'	919
Afyon	1939–2008	38° 45'	30° 32'	1033
Dikili	1941–2008	39° 04'	26° 53'	3
Akhisar	1939–2008	38° 54'	27° 49'	92
Manisa	1939–2008	38° 37'	27° 26'	71
İzmir	1939–2008	38° 23'	27° 04'	28
Aydın	1940–2008	37° 51'	27° 51'	56
Muğla	1939–2008	37° 13'	28° 22'	646
Bodrum	1939–2008	37° 03'	27° 26'	26

Ekstrem hava olaylarının belirlenmesinde çeşitli indisler kullanılmaktadır. Ancak kullanılan indisleri standart duruma getirmek ve böylece küresel ölçekte karşılaştırmalar yapabilmek amacıyla 2001 yılında *Climate Variability and Predictability (CLIVAR)* projesi kapsamında kurulan *Commission for Climatology and the Expert Team on Climate Change Detection, Monitoring and Indices (ETCCDMI)* ve Dünya Meteoroloji Örgütü Klimatoloji Komisyonu tarafından 27 adet indis belirlenmiştir (Peterson vd., 2001). Bu indisler hem küresel (Frich vd., 2002; Alexander vd., 2006) hem de bölgesel ölçekte (Peterson vd., 2002; Klein Tank ve Können, 2003; Aguilar vd., 2005; Zhang vd., 2005; Vincent vd., 2005; Kostopoulou ve Jones, 2005; New vd., 2006) yapılan bir çok çalışmada kullanılmıştır. Günlük maksimum ve minimum sıcaklıklar ile günlük toplam yağışların kullanıldığı bu indislerin bir bölümü, istasyonun gözlemlerine göre hazırlanan veri setlerine, normal olasılık dağılımına göre belirlenen persantil (10. ve 90. persantil) değerleri kullanılarak hesaplanmaktadır. Böylece kullanılan indislerdeki değerler istasyonlara göre değişmektedir. Bir diğer grup indiste ise mutlak bir eşik değeri kullanılmaktadır. Bu yöntemde sıcaklığın ya da yağışın belirli bir eşik değeri aşması ya da altında kalması ile ortaya çıkan değerler dikkate alınmaktadır. Bu grupta en yaygın kullanılan eşik değerler, sıcaklıklar için günlük minimum sıcaklığın 0 °C'nin altına düşmesi ile oluşan “don olaylı günler”, günlük maksimum sıcaklığın >25°C “yaz günü” ve günlük maksimum sıcaklığın >30 °C “tropikal günler”dir. Bu çalışmada Ege Bölgesi'ndeki 10 istasyonda 1939–2008 döneminde günlük maksimum sıcaklığın >25 °C yaz ve >30°C tropikal gün sayıları esas alınmıştır.

Ege Bölgesi'ndeki istasyonlarda 1939-2008 dönemindeki tropikal ve yaz günleri sayısı dizilerindeki artma veya azalma yönündeki olası eğilimleri belirlemede ve istatistiksel önemini test etmede parametrik olmayan Mann-Kendall sıra ilişki katsayısından yararlanılmıştır. Mann-Kendall sınamaya örneklem değeri, bir dizideki uzun süreli bir eğilimin yönünü ve istatistiksel büyüklüğünü vermektedir. *M-K* sıra ilişki katsayısı tau'nun (τ) hesaplanmasında, analiz edilen x_i elemanlı orijinal gözlem dizisinin yerine, onların küçükten büyüğe

dizilmesiyle elde edilen sıra numaralarından oluşan k_i dizileri temel alınır ve her terimin kaçınıcı sırada yer aldığı bulunur. İkinci olarak P istatistiği hesaplanır. k_i dizilerindeki ilk terimin değeri ikinci terimin değerinden N 'inci terime kadar, dizideki tüm terimlerin değerleriyle karşılaştırılır. k_i 'i aşan terimlerin sayısı bulunur ve n_1 olarak gösterilir. Aynı işlem ikinci terimin değeri ile ondan sonraki terimler arasında gerçekleştirilir ve k_2 'yi aşan sonraki terimlerin sayısı n_2 olarak gösterilir. Bu işlem k_{n-1} 'e kadar, dizideki her terim için gerçekleştirilir. n_i 'lerin toplamı, eşitlik (1)'de gösterilen P istatistiğini verir.

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

M-K sınamaya örneklem değeri (τ), N ve P 'den yararlanılarak aşağıdaki eşitlik (2) ile hesaplanır:

$$\tau = \frac{4P}{N(N-1)} - 1 \quad (2)$$

Tau (τ)'nun anlamlılık sınaması (τ_t), eşitlik (3) ile hesaplanır.

$$\tau_{(t)} = 0 \mp t_g \sqrt{\frac{4N+10}{9N(N-1)}} \quad (3)$$

“Gözlem dizisinin ortalamasında herhangi bir eğilim yoktur” boş hipotezi, (τ)'nin büyük değerleri için reddedilmekte ve hesaplanan (τ) değerinin, 0.05 ya da 0.01 düzeyinde anlamlı olması durumunda (τ) >0 ise artan (τ) <0 ise azalan yönde önemli bir eğilimin varlığı kabul edilmektedir (Türkeş vd., 2007).

Ege Bölgesi'nde Tropikal ve Yaz Günü Sayılarının Dağılımı

Ege Bölgesi'nde yaz ve tropikal gün sayılarının dağılımı başta alınan güneş radyasyonu olmak üzere, enlem, havadaki nem miktarı, yükselti ve yılın sıcak döneminde etkili olan hava kütlelerinin özelliklerine bağlı olarak alansal farklılıklar göstermektedir (Şekil 1).

İncelenen 10 istasyonun 1939–2008 gözlemlerine göre, bölgede yıllık ortalama yaz günü ($\geq 25^{\circ}\text{C}$) sayıları, 93 gün (Kütahya) ile 177 gün (Aydın) arasında değişmektedir. Yıllık ortalama 160 günü geçen sayılar ile en yüksek değerler kıyıda içerde depresyonlarda yer alan Aydın, Manisa ve Akhisar gibi istasyonlarda rastlanmaktadır. Kıyıda yer alan istasyonlarda bu değer ortalama 160 günün altındadır. Bu durum kıyı istasyonlarında gelen güneş radyasyonunun daha çok zeminden buharlaşma için harcanması ve gündüzleri denizden gelen nemli hava akımlarının günlük maksimum sıcaklıkların çok fazla yükselmesini engellemesi ile açıklanabilir. İçbatı Anadolu bölümünde yükseltisi 1000 m civarında olan plato düzlüklerinde ise günlük maksimum sıcaklıklar azalmakta ve yıllık yaz günü sayıları 100 gün civarına düşmektedir.

Günlük maksimum sıcaklığın $\geq 30^{\circ}\text{C}$ olduğu yıllık tropikal gün sayılarının dağılımı büyük ölçüde yaz günlerinin dağılımına benzemektedir. Ancak yıllık tropikal gün sayılarında Ege Bölümü ile İç Batı Anadolu eşiğinin doğusunda kalan istasyonlar arasındaki fark kuvvetlenmektedir. Kıyıda ise kuzeyde yer alan Dikili istasyonunda enlem etkisi ile tropikal gün sayıları Bodrum istasyonuna göre belirgin şekilde azalmaktadır. Yıllık tropikal gün sayılarının en yüksek olduğu istasyon yıllık ortalama 127 gün ile Aydın, en az olduğu istasyon ise ortalama 27 gün ile Kütahya'dır.

Ege Bölgesinde Tropikal ve Yaz Günü Sayılarında Gözlenen Değişim ve Eğilimler

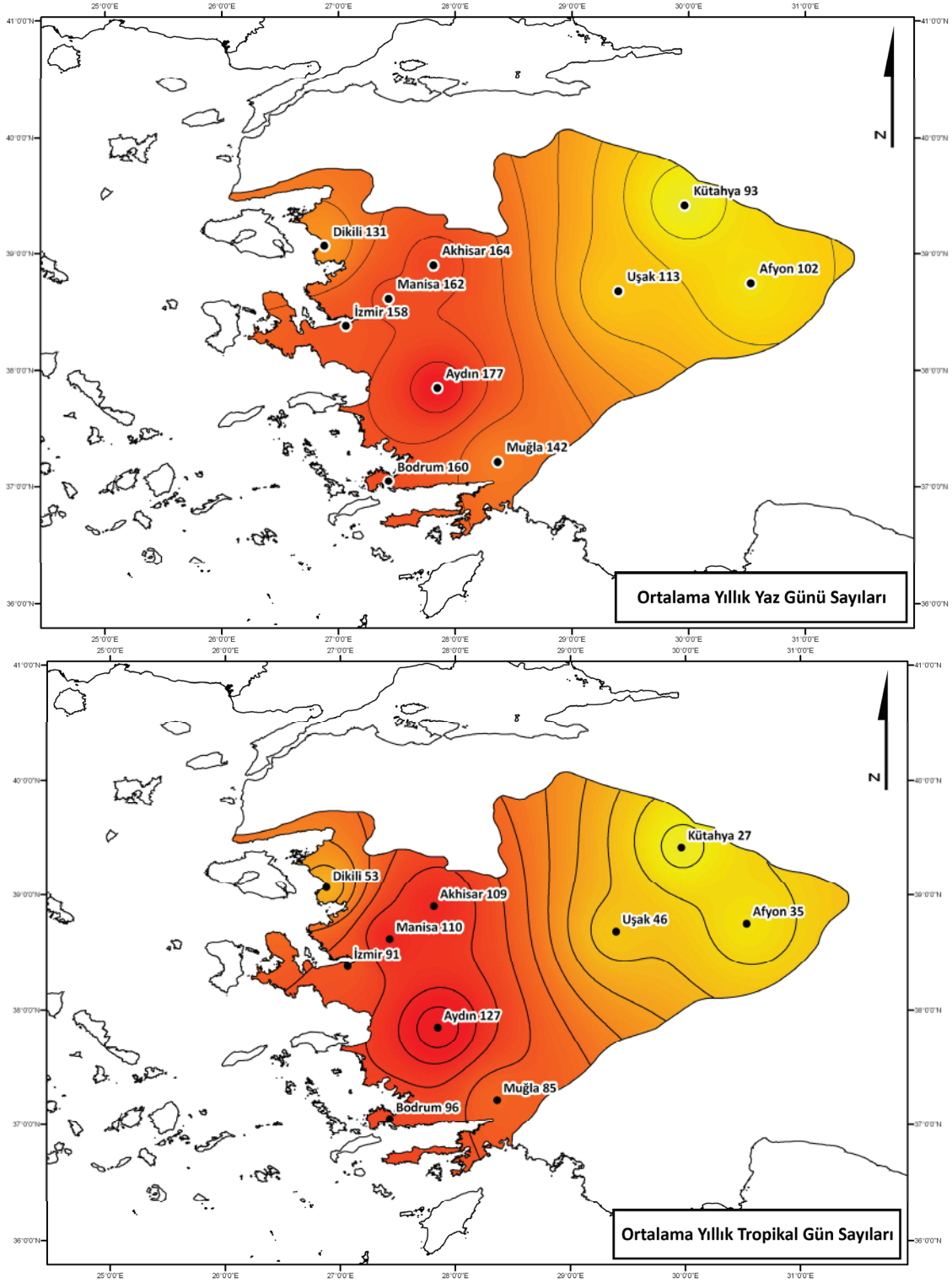
Ege Bölgesi'nde yıllık tropikal gün ve yaz günü sayılarının 1939–2008 dönemi içindeki değişimleri incelendiğinde, yıllar arası değişkenliğin yanı sıra tropikal gün ve yaz günü sayılarının azaldığı veya artış gösterdiği dönemler ayırt edilebilmektedir.

Yıllık yaz günü sayılarına ait zaman dizisi çizimleri incelendiğinde, istasyonlarda 1980'li yılların başlarına kadar yıllık yaz günü sayılarının yıllara göre değişmekle birlikte genellikle uzun yıllar ortalamasının altında kaldığı görülmektedir. Buna karşılık 1980'li yılların ortalarından itibaren yaz günlerinin sayılarında belirgin bir artış gözlenmekte ve bu dönemde yaz günlerinin yıllık sayıları uzun yıllar ortalamasının üzerinde kalmaktadır.

Ege Bölgesi'nde tropikal gün sayılarında da benzer bir değişim söz konusudur. 1939–1985 yılları arasında genellikle uzun yıl ortalamasının altında kalan yıllık tropikal gün sayıları, 1986 yılı sonrası belirgin bir artış göstermiştir. Bu dönem içinde özellikle 1998–2008 yılları arası tüm istasyonlarda değerlerin uzun yıl ortalamasının üzerinde kalması nedeniyle ortaya çıkan yüksek pozitif anomali değerleri ile dikkat çekicidir (Şekil 2 ve 3).

Ege Bölgesi'nde yer alan 10 istasyonun 1939–2008 yılları arasında yıllık tropikal gün ve yaz günü sayılarının oluşturduğu zaman serilerinde maksimum değerler 1990'lı yılların sonrasına rastlanmaktadır. Örneğin 1939–2008 dönemini içeren son 70 yılda Kütahya'da günlük maksimum sıcaklığın 30°C geçtiği tropikal gün sayısı 1861 gündür. Bu rakamın 413 günü son 10 yıla aittir. Bu durum, Kütahya'da tropikal günlerin yaklaşık $1/4$ 'ünün (% 22'sinin) son on yıla toplandığını göstermektedir. Diğer 9 istasyonda da bu oran % 15'in üzerindedir. Ekstrem koşulların göstergesi kabul edilen ve değerlerde 2 standart sapma değerinin aşılması ile gerçekleşen tropikal gün ve yaz günü sayıları tüm istasyonlarda 1990'lı yıllardan sonraya rastlanmaktadır. Son 70 yılda istasyonların maksimum yıllık tropikal gün ve yaz günü sayıları sırasıyla 1994, 2007 ve 2001 yıllarına aittir.

Öte yandan 1939–1984 yılları arasında günlük maksimum sıcaklıklara bağlı olarak yaz ve tropikal gün sayılarının azaldığı, özellikle 1966–1984 yılları arasında minimum sayıya ulaştığı görülür. İstasyonlarda tropikal gün sayılarının aritmetik ortalamadan 2 standart sapma daha küçük olduğu yıllar ise 1949 ve 1976'dır.



Şekil 1: Ege Bölgesi'nde ortalama yıllık yaz ve tropikal gün sayıları coğrafi dağılımı.
Figure 1: Spatial distributions of average annual summer and tropical days at the Aegean Region.

Yapılan çalışmalar, Akdeniz Havzası'nda yaz mevsiminde sıcaklıkların yıldan yıla gösterdiği değişmelerin ve eğilimlerin 300 hPa, 700 hPa, 1000 hPa seviyesindeki atmosfer dolaşımı ve deniz suyu sıcaklıkları ile yakından ilişkili olduğunu göstermektedir. Yüksek indeks (high-index) adı verilen dolaşım modelinin etkili olduğu yıllarda ortaya çıkan zonal akımlar, sübsidans ve buna bağlı olarak bulutluluk oranındaki azalma, alınan güneş radyasyonunun artmasına, dolayısıyla sıcakların yükselmesine yol açmaktadır. Alçak indeks yıllarında ise jet akımlarında dalgalanmalar oluklar boyunca üst troposferden soğuk havanın güneye sokulmasına, sırtlar boyunca ise sıcak havanın kuzeye hareketine neden olmaktadır. Böylece Akdeniz'in batısı ile doğusu arasında birbirine zıt sıcaklık koşulları belirlemektedir. Örneğin; Akdeniz havzasının doğusunda 20. yüzyılın ikinci yarısındaki en serin yaz mevsimi 1976 yılıdır. Aynı yıl İngiltere'de en sıcak ve kurak yaz mevsimlerinden biri olarak kayıtlara geçmiştir. Bu yılın yaz mevsimine ait atmosfer dolaşım deseni incelendiğinde; üst troposferde Avrupa'nın batısına yerleşen sırta bağlı olarak sıcak hava kütlelerinin kuzey enlemlere doğru hareket ettiği ve bu nedenle Avrupa'nın batısında sıcaklıkların yükseldiği görülmektedir. Doğu Akdeniz'e uzanan oluk ise bölgeye kuzeyden soğuk hava adveksiyonuna yol açmış ve yaz mevsiminde sıcaklıklar önemli ölçüde azalmıştır (Xoplaki vd., 2003).

Mann-Kendall sınavasının sonuçları, Ege Bölgesi'nde incelenen istasyonlarda yıllık tropikal

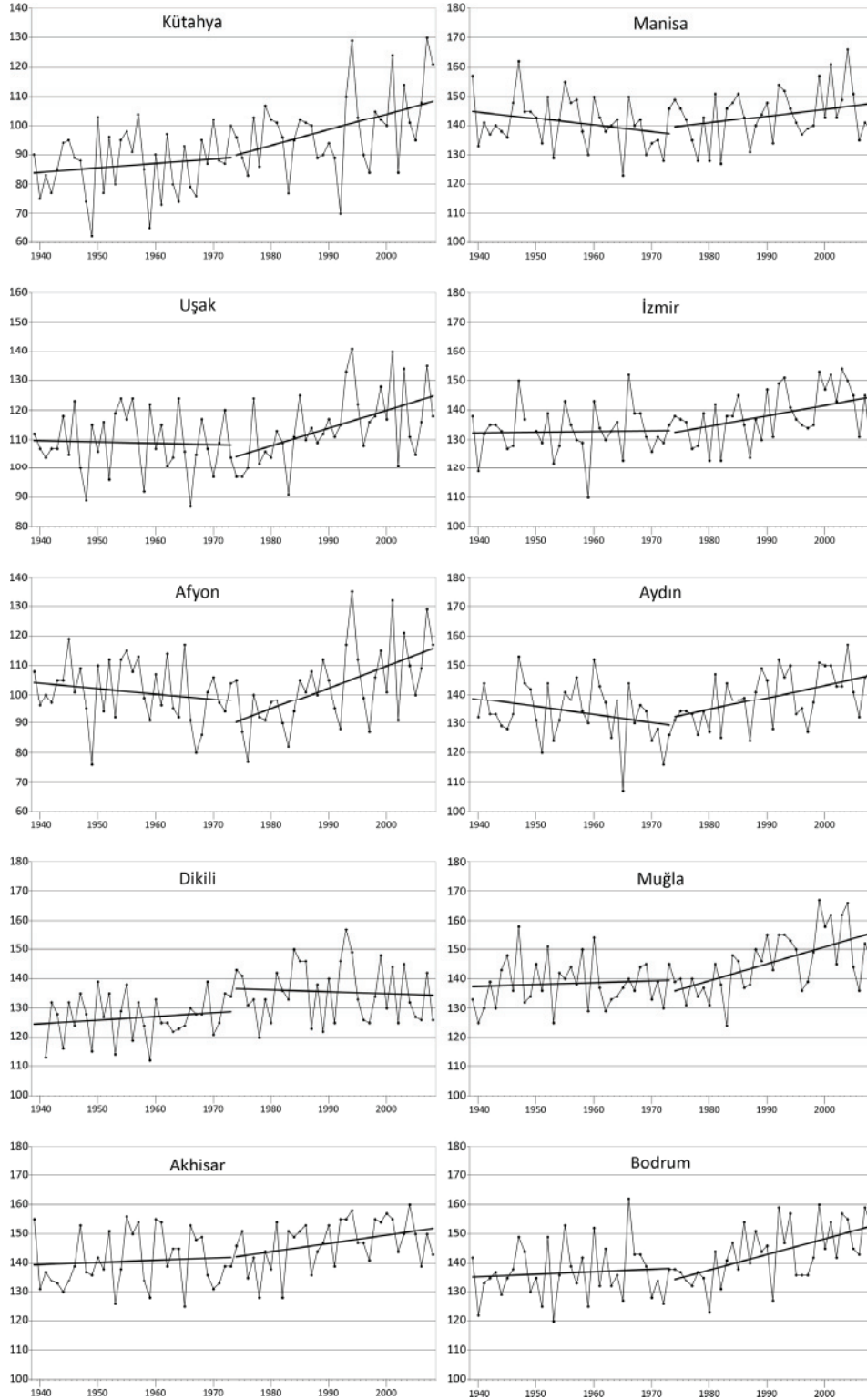
gün ve yaz günü sayılarının artma eğilimi içinde olduğunu göstermektedir.

Günlük maksimum sıcaklığın 25°C eşit veya daha yüksek olduğu yıllık yaz günü sayıları 1939–2008 döneminde tüm istasyonlarda artış eğilimi göstermiştir. Afyon ve Manisa dışında bu artış eğilimi Aydın'da % 95 ($\alpha= 0,05$) olasılıkla, diğer istasyonlarda % 99 ($\alpha= 0,01$) olasılıkla anlamlıdır. Diğer bir anlatımla elde edilen sonuçlar yıllık yaz günü sayı dizilerinde zaman içindeki değişimin rastlantısal olmadığını, artış eğiliminin Aydın'da % 95 diğer istasyonlarda % 99 olasılığa sahip olduğunu göstermektedir. Yıllık yaz günü sayılarındaki en belirgin yükselme Kütahya, Muğla ve Bodrum'a aittir. Yaz günlerinde olduğu gibi, Ege Bölgesi'nde 1939 yılından günümüze kadar olan dönemde tropikal gün sayıları artma eğilimi göstermiştir. Gün içinde maksimum sıcaklığın 30°C'ye eşit ve daha yüksek olduğu gün sayılarındaki artış eğilimi, Afyon dışındaki tüm istasyonlarda istatistiki olarak anlamlıdır. Bu eğiliminin en kuvvetli olduğu istasyonlar ise Kütahya, Uşak ve Akhisar'dır (Tablo 2).

Tablo 2: 1939–2008 dönemine ait yıllık tropikal ve yaz gün sayıları için hesaplanan Mann-Kendall sıra ilişki katsayıları. (*): $\alpha=0.05$ düzeyinde (%99) anlamlı; (**) $\alpha=0.01$ düzeyinde (%95) anlamlı.

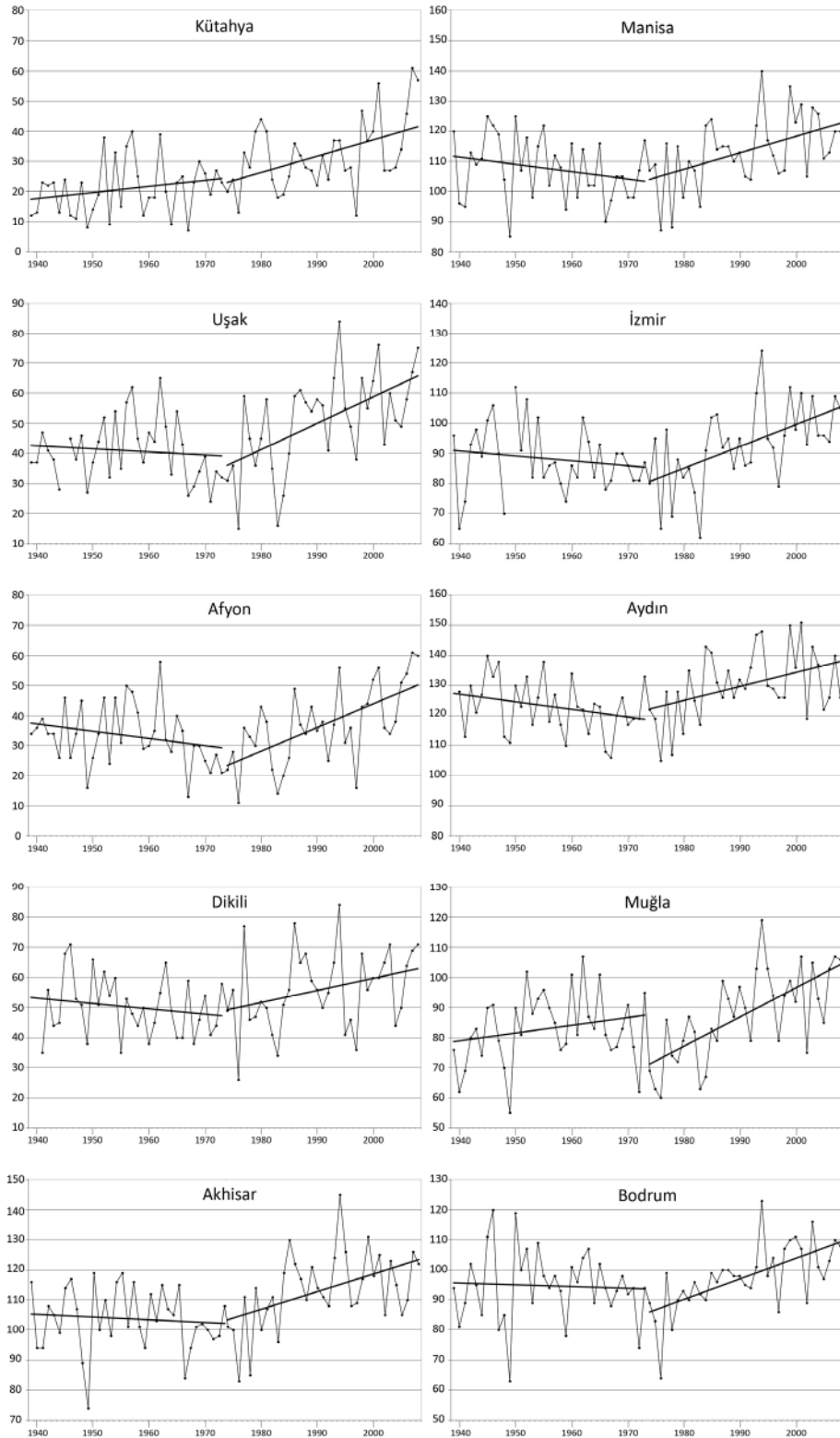
Table 2: Results of the Mann-Kendall test statistics to annual tropical and summer days for the period 1939-2008 (*): $\alpha=0.05$ significance level; (**) $\alpha=0.01$ significance level.

İstasyonlar	Gözlem Süresi	Mann-Kendall (τ) Yaz Günü Sayıları	Mann-Kendall (τ) Tropikal Gün Sayıları
Kütahya	1939–2008	0.35**	0.43**
Uşak	1939–2008	0.22**	0.30**
Afyon	1939–2008	0.09	0.16
Dikili	1939–2008	0.26**	0.19*
Akhisar	1939–2008	0.28**	0.30**
Manisa	1939–2008	0.08	0.18*
İzmir	1939–2008	0.25**	0.20*
Aydın	1939–2008	0.20*	0.22**
Muğla	1939–2008	0.34**	0.27**
Bodrum	1939–2008	0.32**	0.20*



Şekil 2: Ege Bölgesi'nde yer alan 10 istasyonun 1939–2008 döneminde yıllık toplam yaz günü sayılarının değişimi ve doğrusal trendleri.

Figure 2: Time series of annual total summer days of 10 stations and linear trends for the period 1939-2008.



Şekil 3: Ege Bölgesi'nde yer alan 10 istasyonun 1939–2008 döneminde yıllık toplam tropikal gün sayılarının değişimi ve doğrusal trendleri.

Figure 2: Time series of annual total tropical days of 10 stations and linear trends for the period 1939-2008.

Yıllık tropikal gün ve yaz günü sayılarının zaman serisi analizi, Ege Bölgesi'nde değerlerin 1940-1980'li yılların başına kadar azalma, 1980'lerden günümüze kadar ise artma eğiliminde olduğunu göstermektedir. Bu eğilimi daha iyi belirleyebilmek için yıllık tropikal gün ve yaz günü sayılarının iki farklı döneme göre değerlendirilmesi düşünülmüştür. Karşılaştırma kolaylığı bakımından istasyonların 70 yıllık verileri, 1939–1973 ve 1974–2008 yılları arasını kapsam üzere 35 yıllık iki dönem halinde incelenmiştir (Tablo 3).

Buna göre 1939–1973 yılları arasındaki ilk dönemde yıllık yaz günlerinin sayısı Uşak, Afyon, Manisa ve Aydın istasyonlarında azalma, diğer istasyonlarda bir hafif bir artış eğilimi göstermektedir. Ancak, istasyonlardaki bu artış veya azalış yönündeki eğilimlerin hiçbiri istatistiki olarak anlamlı değildir. Benzer şekilde; aynı dönemde yıllık tropikal gün sayılarında Kütahya ve Muğla dışındaki istasyonlarda istatistiki olarak anlamlı olmayan azalma eğilimleri ortaya çıkmaktadır (Şekil 4).

Tablo 3. 1939–2008 dönemine ait yıllık tropikal ve yaz gün sayıları için hesaplanan Mann-Kendall sıra ilişki katsayıları. (*): $\alpha=0.05$ düzeyinde (%95) anlamlı; (**) $\alpha=0.01$ düzeyinde (%99) anlamlı.

Table 3: Results of the Mann-Kendall test statistics to annual tropical and summer days for the period 1939-2008 (*): $\alpha=0.05$ significance level; (**) $\alpha=0.01$ significance level.

İstasyonlar	Gözlem Süresi	Mann-Kendall (τ) Yaz Günü Sayıları	Mann-Kendall (τ) Tropikal Gün Sayıları	Gözlem Süresi	Mann-Kendall (τ) Yaz Günü Sayıları	Mann-Kendall (τ) Tropikal Gün Sayıları
Kütahya	1939-1973	0.10	0.19	1974-2008	0.23	0.32**
Uşak	1939-1973	-0.03	-0.10	1974-2008	0.41**	0.38**
Afyon	1939-1973	-0.13	-0.21	1974-2008	0.40**	0.45**
Dikili	1939-1973	0.08	-0.12	1974-2008	-0.04	0.25*
Akhisar	1939-1973	0.08	-0.09	1974-2008	0.24	0.31*
Manisa	1939-1973	-0.15	-0.17	1974-2008	0.12	0.29*
İzmir	1939-1973	0.01	-0.15	1974-2008	0.25*	0.40**
Aydın	1939-1973	-0.18	-0.20	1974-2008	0.33**	0.28*
Muğla	1939-1973	0.09	0.15	1974-2008	0.39**	0.51**
Bodrum	1939-1973	0.05	-0.06	1974-2008	0.39**	0.51**

1974–2008 yılları arasını kapsayan ikinci dönem ise Ege Bölgesi'ndeki istasyonlarda yıllık tropikal gün ve yaz günü sayılarındaki eğilimler artış yönündedir. Bu dönemde, yıllık yaz günleri sayıları Dikili dışındaki diğer 9 istasyonda artış eğilimi göstermiştir (Şekil 5). Bu artış eğilimi Uşak, Afyon, Aydın, Muğla ve Bodrum istasyonlarında 0.01 düzeyinde anlamlıdır. Bölgede aynı dönemde tropikal gün sayılarındaki artma eğilimi ise çok daha belirgindir ve tüm istasyonlarda gözlenen artış eğilimi 0.05 veya 0.01 düzeyinde anlamlıdır. Bu durum günlük maksimum sıcaklıklarda 30 °C gibi yüksek değerlerin bir önceki döneme göre çok daha sık tekrarlandığını göstermektedir.

Ege Bölgesi'nde yıllık tropikal gün ve yaz günü sayılarında 1970 öncesi belirgin bir eğilimin olmaması hatta bazı istasyonlarda gözlenen azalma eğilimi ve 1970'li yılların ortalarından itibaren

gözlenen hızlı ve belirgin yükselme, küresel ölçekte ortalama ve ekstrem sıcaklıklarda gözlenen eğilimler ile uyumludur. Küresel ortalama sıcaklıklar esas olarak 1920–1945 ve 1977 yılından günümüze kadar olmak üzere iki dönemde hızlı bir artış eğilimi göstermiştir. 20. yüzyılın son on yılı kuzey yarımkürede son milenyumun en sıcak 10 yılı olmasının yanı sıra 1861 yılından bu yana tutulan küresel aletli sıcaklık gözlemlerinde 1998, 2005 ve 2007 gibi en yüksek sıcaklığa sahip yılları da içermektedir (Jones ve Moberg, 2003). Kuzey yarımkürede son on yılın yaz mevsimi sıcaklık ortalamaları son 6 yüzyılın en yüksek değerlerine sahiptir. Akdeniz Havzası'nda yer alan istasyonlarda da sıcaklıklar 1955-1975 yılları arasında soğuma ve 1980'ler ile 1990'ların ilk yarısında hızlı bir ısınma eğilimi göstermiştir (Piervitali vd., 1997). Türkiye'de 1929–1999 döneminde yıllık maksimum sıcaklıklardaki eğilimler dikkate alındığında, değerlerdeki artış

eğilimi, 1992 soğuk yılı sonrasında önem kazanmaktadır. Ege Bölgesi'nde söz konusu dönem içinde yıllık ortalama maksimum sıcaklıkların Manisa ve Afyon dışında yükselme eğilimi içinde olduğu görülmektedir. Isınma eğilimleri Uşak, Dikili ve Akhisar'da anlamlıdır (Türkeş vd., 2002).

Sonuçlar

1- Ege Bölgesi'nde yıllık tropikal gün ve yaz günü sayıları son 70 yılda yükselme eğilimi göstermektedir. Ancak bu süre içinde değerlerdeki değişim dikkate alındığında yükselme eğiliminin iki farklı dönemi içerdiği görülmektedir. 1939 yılından 1973 yılına kadar olan dönemde yıllık tropikal gün ve yaz günü sayıları, genellikle uzun yıllar ortalamasının altında kalmış, istasyonların çoğunda istatistiki olarak anlamlı olmamakla birlikte zayıf bir artış veya azalış yönünde eğilim sergilemiştir. 1970'li yılların ikinci yarısından günümüze kadar olan dönem ise tropikal gün ve yaz günü sayılarındaki pozitif anomali değerleri ve istatistiki olarak anlamlı artış eğilimleri ile karakterize olmaktadır.

2- 1929-1999 dönemi sıcaklık dizilerini kapsayan önceki çalışmalar, Ege Bölgesi'nde yıllık maksimum sıcaklıkların Afyon ve Manisa dışındaki istasyonlarda yükselme eğilimi gösterdiğini, bu eğilimin Uşak, Akhisar ve Dikili'de anlamlı olduğunu ortaya koymuştur (Türkeş vd., 2002). Bu çalışmadan elde edilen sonuçlar, Ege Bölgesi'nde yıllık maksimum sıcaklıklarda gözlenen artış eğilimleri ile uyumludur. Nitekim 1939-2008 dönemine göre oluşturulan yıllık yaz gün sayıları Afyon ve Manisa dışındaki istasyonlarda artış eğilimi göstermiştir. Yıllık tropikal gün sayılarında ise Afyon dışındaki istasyonların tümünde kuvvetli artış eğilimi gözlenmektedir. Bu durum, bölgede maksimum hava sıcaklıklarında 1999 yılına kadar saptanan ısınma eğiliminin bu yıldan sonra da kuvvetlenerek devam ettiğini göstermektedir.

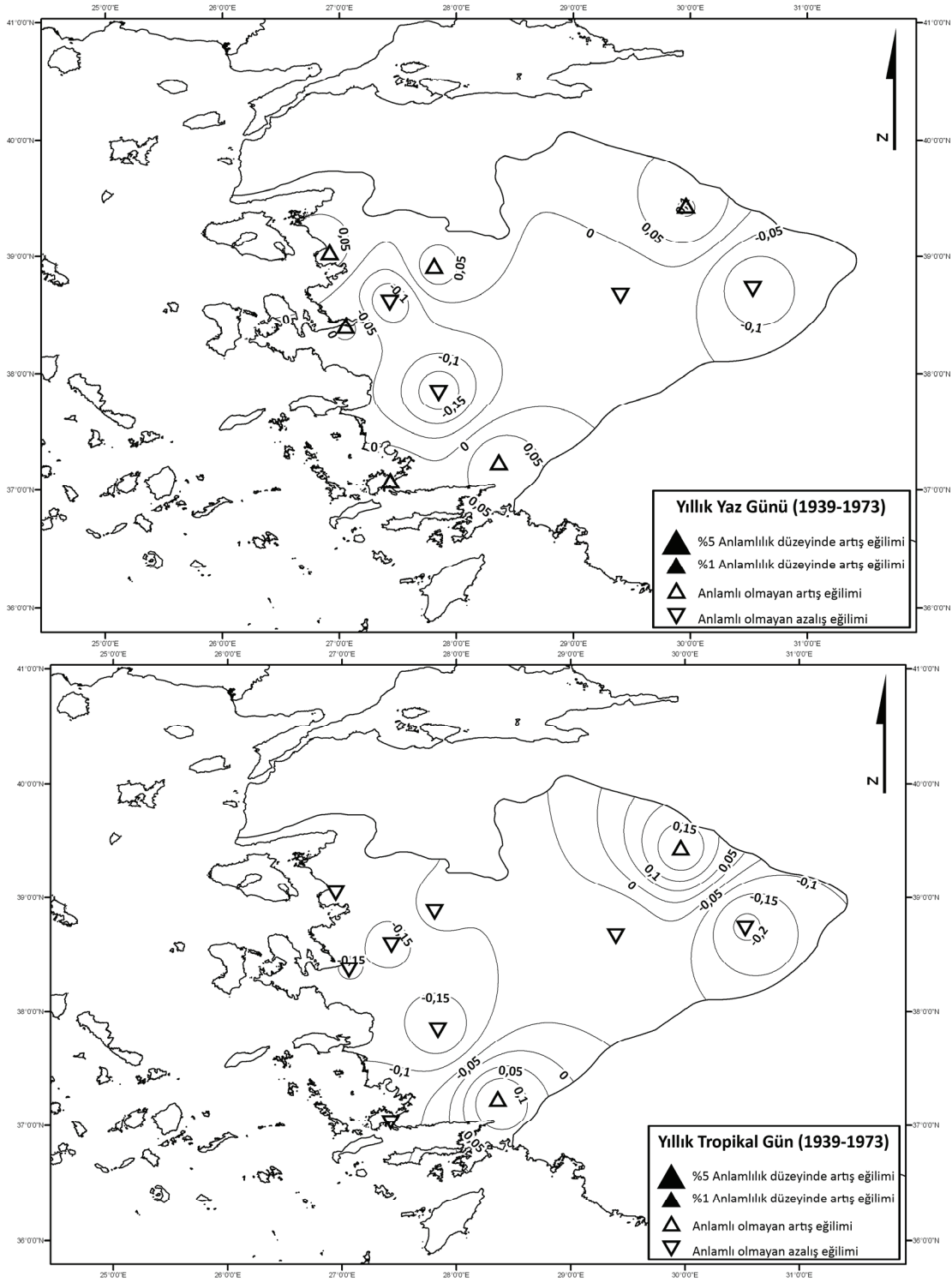
3- Mann-Kendall trend analizi sonuçlarına göre, Ege Bölgesi'ndeki istasyonlarda tropik gün sayılarındaki artış eğilimi, yaz günü sayılarına göre çok daha kuvvetlidir. Bu durum, özellikle

1970'li yılların ikinci yarısından itibaren gündüzleri ölçülen hava sıcaklıklarının daha yüksek değerlere doğru kaydığını göstermektedir.

4- 1974-2008 döneminde yaz günü sayılarındaki artış eğilimi, Ege Bölgesi'nin güneyinde hem kıyıda hem de daha karasal özellik gösteren iç kısımlarda daha kuvvetlidir. Bu durum, zaten yaz mevsimi daha sıcak olan bölgenin güneyinin daha hızlı ısındığını göstermektedir.

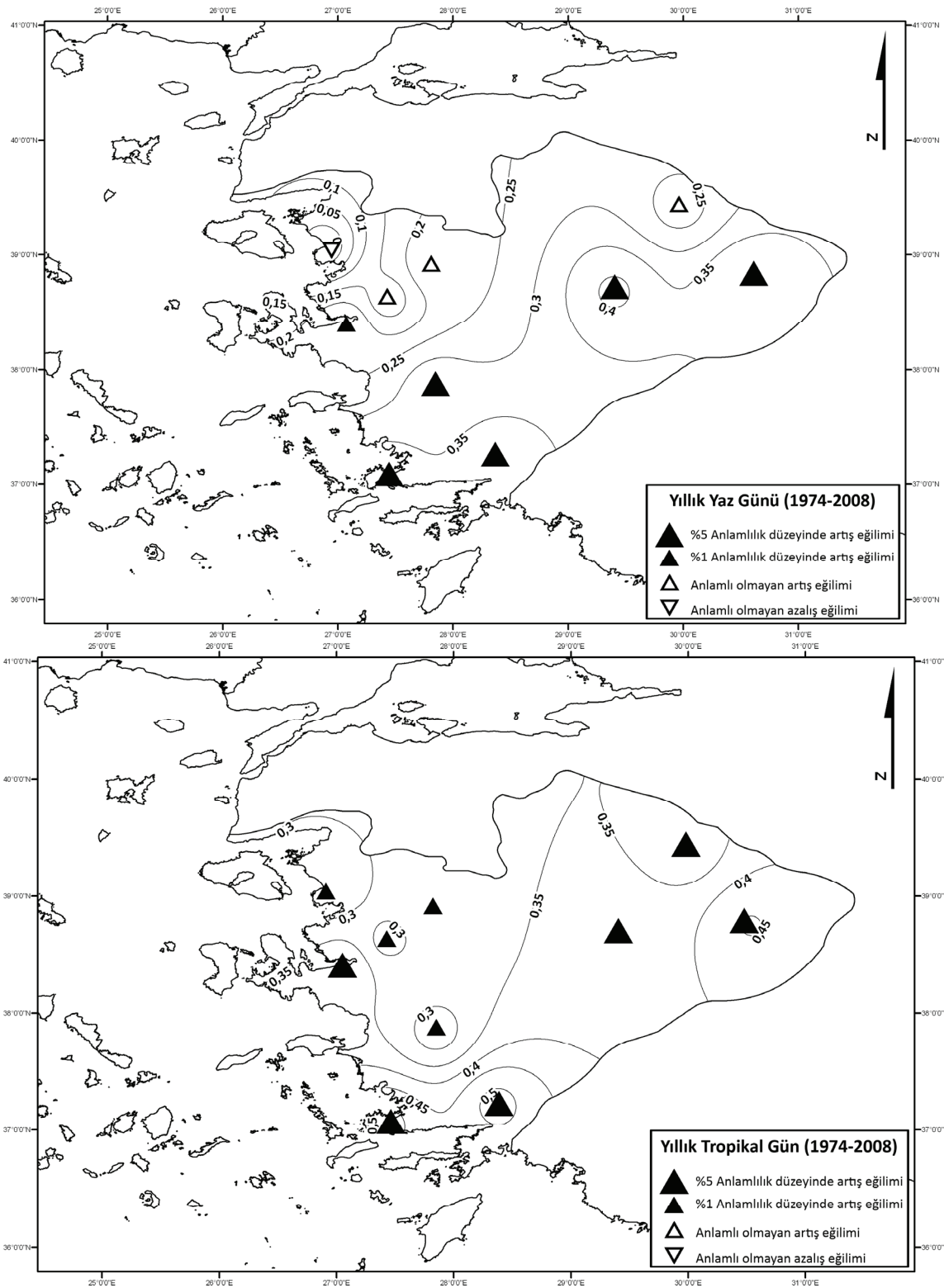
5- Ege Bölgesi'nde yıllık tropikal gün ve yaz günü sayılarındaki değişim ve eğilimler, Akdeniz Havzası'nın ortalama hava sıcaklıklarında ve ekstrem değerlerinde gözlenen değişim ve eğilimler ile paralellik göstermektedir. Ege Bölgesi'nde olduğu gibi Akdeniz Havzası'nda da 1960 ve 1970'lerin ortaları serin yazlar (en serin yıl 1976), 1950, 1980 ve 1990'lar ise sıcak yazlar (en sıcak yıl 1994) ile karakterize olmaktadır (Xoplaki vd., 2003). Konum olarak Ege Bölgesi'ne en yakın olan Yunanistan'da yapılan çalışmalar dikkate alındığında, tropikal gün sayılarının 1955-1976 arası dönemde azalma, 1976-2000 yılları arasında ise hızlı bir artış eğilimi gösterdiği belirlenmiştir (Nastos ve Matzarakis, 2008). Bu durum Ege Bölgesi'nde belli bir eşik değeri geçen sıcaklık değerlerindeki değişim ve eğilimlerin sadece kentsel ısı adaları gibi yerel ölçekte etkili olan faktörler ile açıklanamayacağını, küresel sıcaklık artışı ve bölge üzerinde etkili olan atmosfer dolaşım deseninin ekstrem sıcaklıklarda belirleyici olduğunu göstermektedir.

7- Ege Bölgesi'nde tropikal gün ve yaz günü sayılarındaki artış eğiliminin devam etmesi durumunda yılın sıcak döneminde ölçülen ekstrem yüksek sıcaklıkların frekansının artacağını, termik koşulların daha sıcak değerlere doğru kayacağını söyleyebiliriz. Bu durum insanın sağlığı yanında enerji, ormancılık ve tarım sektörünü olumsuz etkileyecektir. Nitekim oluşturulan iklim modelleri, Doğu Akdeniz'de yaz mevsiminde sıcaklıkların yükseleceğini, ekstrem değerler ve sıcak dalgaları sayısının artacağını ayrıca yıllararası değişkenliğin de yükseleceğini göstermektedir (Christensen vd., 2007; Diffenbaugh vd., 2007).



Şekil 4: Ege Bölgesi'nde 1939–1973 dönemine ait yıllık yaz günü ve tropikal gün sayıları dizilerindeki Mann-Kendall trend analizi sonuçlarının coğrafi dağılışları.

Figure 4: Trends of annual summer and tropical days between the years 1939-1973 in terms of Mann-Kendal trend analysis.



Şekil 5: Ege Bölgesi'nde 1974–2008 dönemine ait yıllık yaz günü ve tropikal gün sayıları dizilerindeki Mann-Kendall trend analizi sonuçlarının coğrafi dağılışları.

Figure 4: Trends of annual summer and tropical days between the years 1974-2008 in terms of Mann-Kendall trend analysis.

Referanslar

- Aguilar E. vd. 2005. Changes in precipitation and temperature extremes in Central America and northern South America, 1961-2003. *Journal of Geophysical Research* 110:D23107,DOI:10.1029/2005JD006119.
- Alexander L.V. vd. 2006. Global observed changes in daily climate extremes of temperature and precipitation. *Journal of Geophysical Research* 111: D05109. DOI: 10.1029 / 2005JD006290.
- Bartholy J., Pongracz R. 2007. Regional analysis of extreme temperature and precipitation indices for the Carpathian Basin from 1946 to 2001, *Global and Planetary Change*, Volume 57, Issues 1-2, *Extreme Climatic Events*, 83-95.
- Brunet M., Saladie O., Jones P.D., Sigro J., Aguilar E., Moberg A., Lister D.H., Walther A., Lopez D., Almarza C. 2006. The development of a new dataset of Spanish daily adjusted temperature series (SDATS) (1850-2003). *International Journal of Climatology* 26: 1777-1802.
- Christensen J.H., Christensen O.B. 2007. A summary of the PRUDENCE model projections of changes in European climate by the end of this century. *Climatic Change* 81: 7–30.
- Diffenbaugh N.S., Pal J.S., Giorgi F., Gao X. 2007. Heat stress intensification in the Mediterranean climate change hotspot. *Geophysical Research Letters* 34, L11706.
- Frich P., Alexander L.V., Della-Marta P., Gleason B., Haylock M., Klein Tank A.M.G., Peterson T. 2002. Observed coherent changes in climatic extremes during the second half of the twentieth century. *Climate Research* 19:193–212.
- IPCC. 2007. *Climate Change 2007: impacts, adaptation, and vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- Jones P.D., Moberg A. 2003. Hemispheric and large-scale surface air temperature variations: An extensive revision and an update to 2001. *Journal of Climate* 16: 206-223.
- Kioutsoukis I., Melas D., Zerefos C. 2009. Statistical assessment of changes in climate extremes over Greece (1955-2002). *International Journal of Climatology*. 10.1002/joc.2030.
- Kiktev D., Sexton D.M.H., Alexander L., Folland C. K. 2003. Comparison of modeled and observed trends in indices of daily climate extremes. *Journal of Climate* 16: 3560-3571.
- Klein Tank A., Können G.P. 2003. Trends in indices of daily temperature and precipitation extremes in Europe, 1946–1999, *Journal of Climate* 16, 3665–3680.
- Kostopoulou E., Jones P.D. 2005. Assessment of climate extremes in the Eastern Mediterranean. *Meteorology and Atmospheric Physics* 89, 69–85.
- Nastos P. T., Matzarakis A. P. 2008. Variability of tropical days over Greece within the second half of the twentieth century. *Theoretical and Applied Climatology* 93: 75-89.
- New M. vd., 2006. Evidence of trends in daily climate extremes over southern and west Africa. *Journal of Geophysical Research* 111,D14102.
- Peterson T., Taylor M., Demeritte R., Duncombe D., Burton S., Thompson F., Porter A., Mercedes M., Villegas E., Fils R., Tank A., Matris A., Warner R., Joyette A., Mills W., Alexander L., Gleason B. 2002. Recent changes in climate extremes in the Caribbean region. *Journal of Geophysical Research* 107(D21):4601.
- Peterson T.C., Folland C., Gruza G., Hogg W., Mokssit A., Plummer N. 2001. Report on the Activities of the Working Group on Climate Change Detection and Related Reporters 1998-2001. WMO, Rep. WCDMP-47, WMO-TD 1071, Geneve, Switzerland, 143p.
- Piervitali E., Colacino M., Conte M. 1997. Signals of climatic change in the central-western Mediterranean basin. *Theory of Applied Climatology* 58: 211–219.
- Şensoy S., Demircan M., Alan Ü. 2008. Trends in Turkey Climate Extrme Indices from 1971 to 2004. IV. Atmosfer Bilimleri Sempozyumu (25-28 Mart 2008) Bildiri Kitabı 453-460.

- Vincent L. A., Peterson T. C., Barros V. R., Marino M. B., Rusticucci M., Carrasco G., Ramirez E., Alves L. M., Ambrizzi T., Berlato M. A., Grimm A. M., Marengo J. A., Molion, L., Moncunill D. F., Rebello E., Anunciação Y. M. T., Quintana J., Santos J. L., Baez J., Coronel G., Garcia J., Trebejo I., Bidegain M., Haylock M. R. Karoly D. 2005. Observed Trends in Indices of Daily Temperature Extremes in South America 1960- 2000. *Journal of Climate*, vol. 18, Issue 23, pp.5011-5023
- Zhang X. vd., 2005. Trends in Middle East climate extreme indices from 1950 to 2003. *Journal of Geophysical Research*,110, D22104.DOI:10.1029/2005JD006181.
- Türkeş M., Sümer U. M., Demir İ. 2002. Türkiye'nin günlük ortalama, maksimum ve minimum hava sıcakları ile sıcaklık genişliğindeki eğilimler ve değişiklikler. Prof. Dr. Sırrı Erinç Anısına Klimatoloji Çalıştayı 2002, Bildiriler Kitabı, 89–106. Ege Üniversitesi Coğrafya Bölümü, 11-13 Nisan 2002, İzmir.
- Türkeş M., Koç T., Sarış F. 2007. Türkiye'nin yağış toplamı ve yoğunluğu dizilerindeki değişikliklerin ve eğilimlerin zamansal ve alansal çözümlemesi. *Coğrafi Bilimler Dergisi* 5: 57-74.
- Xoplaki E., Gonzalez-Rouco J. F., Luterbacher J., Wanner H. 2003. Mediterranean summer air temperature variability and its connection to the large-scale atmospheric circulation and SSTs. *Climate Dynamics* 20: 723–739.