

(**Demir, İ., Kılıç, G., Coşkun, M., Sümer, U.M. 2008. Türkiye’de maksimum, minimum ve ortalama hava sıcaklıkları ile yağış dizilerinde gözlenen değişiklikler ve eğilimler. TMMOB İklim Değişimi Sempozyumu, Bildiriler Kitabı, 69-84. TMMOB adına TMMOB Meteoroloji Mühendisleri Odası, 13-14 Mart 2008, Ankara.*

Türkiye’de Maksimum, Minimum ve Ortalama Hava Sıcaklıkları ile Yağış Dizilerinde Gözlenen Değişiklikler ve Eğilimler

İsmail DEMİR¹, Gönül KILIÇ², Dr. Mustafa COŞKUN³ ve Utku M. SÜMER⁴

¹*idemir@meteoroloji.gov.tr*, ²*gkilig@meteoroloji.gov.tr*,

³*mcoskun@meteoroloji.gov.tr*, ⁴*umsümer@meteoroloji.gov.tr*

Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü, Araştırma ve Bilgi İşlem Dairesi Başkanlığı

06120 Kalaba-ANKARA

ÖZET

Bu çalışmada, Türkiye'nin ortalama, maksimum ve minimum hava sıcaklıkları ve yağış dizileri, uzun süreli değişikliklerin ve eğilimlerin belirlenmesi amacıyla çözümlenmiştir. Türkiye'nin ortalama hava sıcaklıklarında güney ve güney batıda yer alan bölgelerde anlamlı artma eğilimleri gözlenmektedir. Özellikle yaz mevsimi ortalama sıcaklıklarındaki ısınma eğilimi, istasyonların çoğunda anlamlı pozitif dizisel ilişki katsayısı ile tanımlanmaktadır. Yıllık maksimum sıcaklık dizilerindeki değişimler genelde artış yönündedir ve Akdeniz, Güney Doğu Anadolu ile Doğu Anadolu'nun güney kesimlerindeki artış eğilimleri istatistiksel açıdan anlamlıdır. Minimum sıcaklıklar, 27 istasyonda anlamlı olmak üzere Türkiye'nin büyük bölümünde artma eğilimindedir. Sıcaklıklardaki artışlarda, Türkiye'deki yaygın ve hızlı kentleşmenin etkisi büyüktür. Yağış dizilerinde belirgin değişiklikler daha çok kış mevsiminde gözlenmektedir. Kış yağışlarında azalma eğilimi gösteren 78 istasyondan 24 tanesi istatistiksel açıdan anlamlı bulunmuştur. Akdeniz, Akdeniz Geçiş, Karasal İç Anadolu ve Karasal Akdeniz bölgeleri kış yağışlarında düşüş gösteren bölgelerdir. Sonbahar mevsiminde ise yağışlar,

Türkiye'nin önemli bir bölümünde artmaktadır. Türkiye'de yağış azlığına bağlı olarak son 20-30 yıldır yaşanan uzun süreli kuraklıklarda, dolaşım sistemlerindeki değişikliklerin ve kaymaların etkili olabileceği söylenebilir. Ayrıca Kuzey Atlantik Salınımı'nın (NAO) pozitif devreleri Türkiye'de ki kurak koşullarla oldukça uyumludur. NAO'nun yanı sıra, yapılan bazı çalışmalara göre, kuvvetli El-Nino yıllarında ya da bir yıl sonrasında da özellikle kış yağışlarında benzer durumlarla karşılaşılmaktadır.

ANAHTAR KELİMELER: Türkiye; hava sıcaklığı; yağış; kentleşme; parametrik olmayan sınamalar; homojenlik; eğilim ve eğilim oranı; değişiklik.

1. GİRİŞ

İklimde meydana gelen değişimler ve bu değişikliğin yaşayan canlılar üzerinde etkilerin belirlenmesi amacıyla hem geçmiş iklim verileri incelenmekte hem de gelecek iklim senaryoları bu veriler doğrultusunda geliştirilen modellerle tahmin edilmektedir. Jeolojik zamandaki iklim değişikliklerine ilişkin bilimsel kanıtlar jeoloji, jeomorfoloji, paleoklimatoloji, paleocoğrafya, paleontoloji ve paleoekoloji araştırmaları ile elde edilmektedir. Bugünkü bilgilerimiz doğrultusunda 4.5 milyar yıllık evrenimizin jeolojik tarihi boyunca iklim sisteminde milyonlarca yıldan on yıllık periyotlara kadar değişen aralıklarla değişiklikler olmuştur (Türkeş, 2003). Fakat sanayi devriminden itibaren iklimin doğal değişkenliğine ek olarak insan kaynaklı etkilerin de yer aldığı yeni bir döneme girilmiştir. Fosil yakıtlarının kullanımı, ormansızlaştırma, kentleşme ve hızlı nüfus artışı gibi çeşitli insan etkinlikleri sonucunda atmosfere salınan sera gazlarındaki artış sanayi devriminden beri artarak devam etmektedir. Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli (IPCC)'nin IV. Değerlendirme raporunda son 50 yıldaki sıcaklık artışının baş sorumluluğunu kesine yakın bir dille insan kaynaklı karbondioksit emisyonlarına yüklemektedir. Karbondioksitin atmosferdeki konsantrasyonu endüstrileşme öncesindeki 280 ppm (milyonda bir partikül) seviyesinden 2005 yılında 379 ppm seviyesine ulaşmıştır. Yıllık CO₂ artışı, 1960-2005 döneminde 1.4 ppm iken 1995-2005 döneminde 1.9 ppm olarak gerçekleşmiştir. Ayrıca fosil kaynaklı yıllık CO₂ emisyonu 6.4 milyar ton (GtC) olan 1990'lı yıllar ortalaması 2000-2005 yılları arasında ise ortalama 7.2 milyar ton (GtC) olmuştur.

Atmosferdeki sera gazlarında meydana gelen artış sera etkisini kuvvetlendirerek Yerkürenin radyasyon dengesini bozmakta ve dünyanın daha fazla ısınmasına neden olmaktadır. 1906 ile 2005 yılları arasında küresel ortalama yüzey sıcaklığındaki artış

0.74 °C olarak tespit edilmiştir. 1850 yılından beri kaydedilen en yüksek sıcaklığa sahip 12 yılın 11'i son 12 yılda gerçekleşmiştir. 1998 yılı 0.58 °C'lik anomali ile en sıcak yıl, 2005 yılı 0.485°C'lik anomali ile en sıcak ikinci yıl olmuştur. Son elli yıldaki lineere yakın ısınma eğilimi ise son yüz yıldakinin yaklaşık iki katıdır. 1901-2005 yılları arasında gözlenen yağış verileri incelendiğinde, Kuzey ve Güney Amerika'nın doğu kesimleri, Avrupa'nın kuzeyi ve Asya'nın kuzeyi ile iç kesimlerinde önemli artışlar, Afrika'nın Sahel kısmı, Akdeniz havzası, Afrika'nın güneyi ile Asya'nın güneyinde bazı kesimlerde önemli azalmalar olduğu belirlenmiştir.

Gelişen teknolojiyle paralel geliştirilen iklim modelleriyle gelecek iklim senaryoları üretilebilmektedir. En gelişmiş iklim modelleri, bir dizi IPCC SRES senaryosu için küresel ortalama yüzey sıcaklıklarında gelecek 20 yılda 0.2 °C/onyıl oranında bir artış olacağını öngörmektedir. Bu oran, sera gazı salımları ve aerosoller 2000 yılı düzeylerinde durdurulsa dahi, 0.1 °C/onyıl olacağı tahmin edilmektedir. 2090-2099 dönemi ortalama yüzey sıcaklığının, 1980-1999 dönemi ortalamasına göre en iyimser senaryoda (B1) ortalama 1.8 °C (1.1 °C - 2.9 °C) ve en kötümser senaryoda (A1FI) ortalama 4.0 °C (2.4 °C - 6.4 °C) artacağı beklenmektedir. Yağışlarda, A1B senaryosuna göre yüksek enlemlerde azalma ve subtropikal karaların büyük bölümünde ise artış (2100 yılında % 20 oranında) öngörülmektedir (IPCC, WGI AR4).

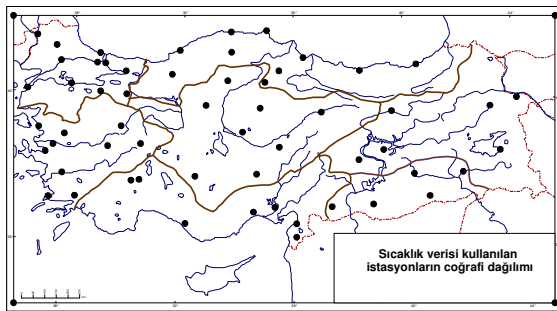
Artan sera etkisine ve küresel ısınmanın olası etkilerine gösterilen yaygın ilginin doğal bir sonucu olarak, uzun süreli sıcaklık ve yağış verilerinde gözlenen değişiklikleri ve eğilimleri saptamaya yönelik çok sayıda araştırma yapılmıştır. Türkiye için yapılan önceki çalışmalarda (Türkeş, 1996; Türkeş vd.,1996; Kadioğlu, 1997; Tayanç vd., 1997) Türkiye'nin büyük bölümünde yıllık ve mevsimlik ortalama yüzey hava sıcaklıklarında, özellikle yaz mevsiminde, genel bir azalma eğilimi (soğuma)

egemen olmuştur. Fakat 1990'lı yıllardan sonra özellikle 1992 yılında yaşanan soğuk yıldan sonra başlayan genel bir ısınma eğilimi kendini göstermektedir. Türkiye'nin İklim Değişikliği Birinci Ulusal Bildirimi'ndeki yer alan ve 1951-2004 dönemini kapsayan değerlendirmelerde sıcaklıklarda en belirgin sonuç, yaz sıcaklıklarında meydana gelen yaygın artıştır. Yaz sıcaklıkları, Türkiye'nin çoğunlukla batı ve güney batı kısımlarında yükselme eğilimindedir. Kentel ısı adası çalışmaları (Ezber *vd.*, 2006; ve Karaca *vd.*, 1995), kentleşmeye bağlı sıcaklık artışının en çok Akdeniz şehirlerinde, bölge yüksek basınç etkisi altına girdiğinde, egemen olduğunu ortaya koymaktadır. Yağışta önemli değişiklikler ve tutarlılık gösteren alanlar, hem kış hem de sonbaharda gözlenmektedir. Türkiye'nin batı illerindeki kış yağışları son elli yılda önemli ölçüde azalmıştır.

Bu çalışmanın amacı, Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü'ne ait istasyonlardan elde edilen günlük maksimum, minimum, ortalama sıcaklık ve aylık toplam yağış değerlerine ait güncellenmiş veri seti kullanılarak Türkiye'nin sıcaklık ve yağış dizilerinin uzun süreli değişiklikler ve eğilimler bakımından yeniden değerlendirilmesidir.

2. VERİ VE YÖNTEM

2.1. Sıcaklık verileri

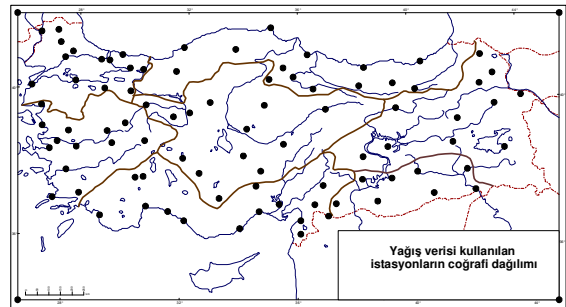


Şekil 1. 1952-2006 yıllarına ait sıcaklık verisi (ortalama, maksimum ve minimum) kullanılan 57 istasyonun harita üzerindeki dağılımı.

Çalışmada Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü'nün 57 adet istasyonunda 1952-2006 döneminde kaydedilen günlük ortalama, günlük

maksimum ve günlük minimum ortalama hava sıcaklıklarının aylık ortalama dizilerini içeren, kontrol edilen ve güncelleştirilen veri seti kullanılmıştır. Bu veri seti daha önceki çalışmalarda (Türkeş *vd.*, 2002a) kullanılan ve homojenlik sınamaları ve istasyon tarihçeleri tamamlanan istasyonları içermektedir. Yıllık ve mevsimlik sıcaklık dizilerine, i) Doğrusal olmayan uzun süreli eğilimlerin, değişiklik noktalarının ve anlamlı sıcaklık dönemlerinin belirlenmesi için Mann-Kendall (M-K) sıra ilişki katsayısı sınaması, ii) Israr ve sıçrama biçimli değişikliklerin belirlenmesi için Wald-Wolfowitz (W-W) ilişki katsayısı sınaması; iii) Doğrusal eğilimlerin belirlenmesi için en küçük kareler regresyon (EKKDR) hesaplanmasından elde edilen X katsayısının (β) anlamlılığı için Student t sınaması ve eğilim oranlarının bulunması için EKKDR eşitliği; iv) Uzun süreli eğilimleri ve yaklaşık 10 yıldan uzun dalgalanmaları görsel olarak belirlemek için 11 noktalı düşük geçirimli Binom süzgeci uygulanmıştır.

2.2. Yağış verileri



Şekil 2. 1940-2006 yıllarına ait yağış verisi kullanılan 88 istasyonun harita üzerindeki dağılımı.

Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü'nün 88 adet istasyonuna ait 1940-2006 döneminde kaydedilen aylık yağış toplamlarından (mm) oluşan ve kontrolleri yapılarak güncelleştirilen veri seti kullanılmıştır. Yağış verileri, Türkeş, 1996 ve Türkeş *vd.* 2002b'de yapılan homojenlik analizi dikkate alınarak 2006 yılı dahil olmak üzere güncellenmiştir. Çalışmada, yağış dizileri 1961-1990

yılları ortalamasına göre normalleştirilmiştir (standardize edilmiştir).

Zaman dizisi çizimleri için normalleştirilmiş yağış anomalilerindeki uzun süreli eğilimleri ve yaklaşık 10 yıldan uzun dalgalanmaları görsel olarak belirlemek için 11 noktalı düşük geçirimli Binom süzgeci kullanılmıştır. Ayrıca, Mann-Kendall eğilim sınamasının ardışık çözümlemesinden elde edilen $u(t)$ ve $u'(t)$ örneklem değerleri kullanılarak, bazı bölgelerdeki eğilimler grafiksel olarak gösterilmiştir. İstatistiksel sınamalardan parametrik olmayan Mann-Kendall ve Wald-Wolfowitz sınamaları, bölgeler ve istasyonlar için normalleştirilmiş yağış anomalilerine uygulanmıştır.

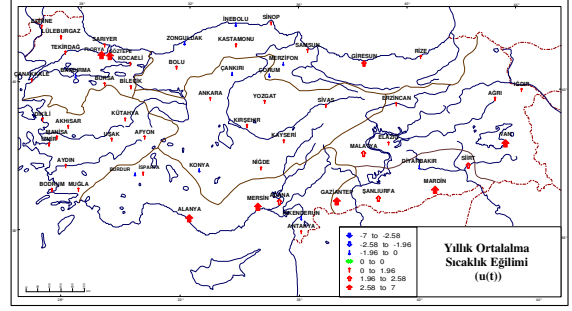
3. ÇÖZÜMLEME SONUÇLARI:

3.1. Sıcaklık Dizilerindeki Eğilimler Ve Değişiklikler

Seçilen istasyonların çoğunda Türkes vd. (2001)'de olduğu gibi EKKDR doğrusunun doğası ve büyüklüğü, M-K sınamasının sonuçları ile mükemmel bir uyum sergilediğinden burada uzun süreli eğilimler açısından yalnız M-K sınamasının sonuçları verilmektedir. Haritaların ve zaman dizisi çizimlerinin tümü hazırlanmış olmasına karşın, burada az sayıda örnek gösterilebilmektedir.

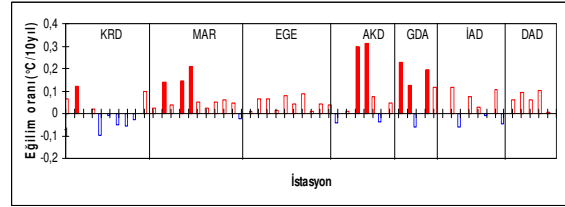
3.1.a. Ortalama sıcaklıklar:

W-W ve M-K sınama sonuçlarına göre genelde pozitif dizisel ilişki katsayıları ile karakterize olması ve Türkiye'nin güney ve güney batısında yer alan büyük kentleşmenin yaşandığı bölgelerde anlamlı ısınma eğilimleri görülmektedir (Şekil.3). En küçük kareler doğrusal regresyon (EKKDR) çözümlemesine göre, istasyonlardaki anlamlı doğrusal ısınma oranları, her on yılda 0.121°C ile 0.312°C arasında değişmektedir (Şekil 4).

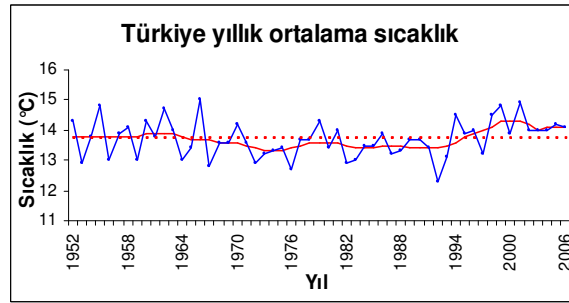


Şekil 3. 57 istasyonun yıllık ortalama sıcaklık dizileri için hesaplanan Mann-Kendall örneklemdeğerinin coğrafi dağılımı.

Ortalama sıcaklık dizilerindeki değişim 1990'lı yıllardan başlayan ısınma eğilimi 1992 yılındaki soğuk yıldan sonra artarak devam etmektedir (Şekil 5).



Şekil 4. Ortalama, sıcaklık dizilerindeki bölgelere göre eğilim oranları (içi dolu çizgiler anlamlı eğilimleri gösterir).



Şekil 5. yıllık ortalama sıcaklıktaki değişimler. Yatay kesikli çizgi (-----), uzun süreli ortalamayı gösterir. Dizilerdeki uzun süreli eğilimleri ve dalgalanmaları gösterebilmek amacıyla, yıldan yıla değişimler 11 noktalı Binom süzgeci ile (—) düzleştirilmiştir.

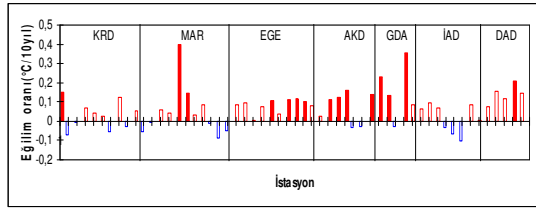
Kış mevsiminde ortalama sıcaklıklarda genelde zayıf bir azalma eğilimi hakimdir. Sinop, Zonguldak ve İnebolu'da sıcaklıklarda anlamlı soğuma eğilimi, Alanya ve Mersinde ise anlamlı artma eğilimi görülmektedir. İlkbahar mevsiminde gözlenen ısınma eğilimi Akdeniz, Güneydoğu Anadolu ve Marmara bölgelerinde anlamlı ısınma eğilimlerle daha da belirginleşmektedir. Yaz mevsiminde birkaç

istasyon dışında çoğunluğu anlamlı ısınma eğilimleri bulunmaktadır. Sonbahar mevsiminde gözlenen zayıf ısınma ve soğuma eğilimleri, alansal olarak bir bütünlük sağlamamaktadır.

Türkiye ortalama sıcaklıkları, küresel ortalama yüzey sıcaklıklarına benzer şekilde artış eğilimindedir. Ancak, küresel olarak 1980'li yıllardan bu yana devam eden sıcaklık artışı, Türkiye'de 1990'lı yıllardan itibaren gözlenmektedir.

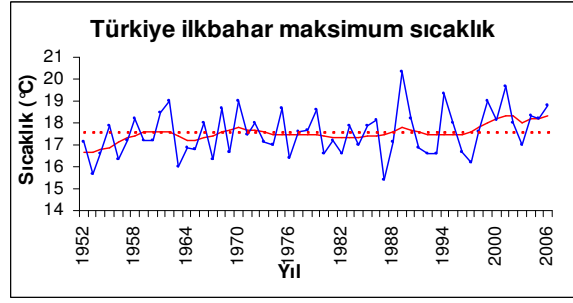
3.1.b. Maksimum sıcaklıklar:

Yıllık maksimum sıcaklık dizileri Akdeniz, Güney Doğu Anadolu ile Doğu Anadolu'nun güney kesimlerinde anlamlı olmak üzere genelde artış yönündedir. EKKDR çözümlemesine göre, istasyonlardaki anlamlı doğrusal ısınma oranları, her on yılda 0.102°C ile 0.399°C arasında değişmektedir (Şekil 6).



Şekil 6. Maksimum, sıcaklık dizilerindeki bölgelere göre eğilim oranları (içi dolu çizgiler anlamlı eğilimleri gösterir).

Kış maksimum sıcaklık dizileri güney kesimler dışında genelde zayıf azalma eğilimi hakimdir. Alansal bir uyum olmamakla birlikte Giresun, İnebolu, Zonguldak, Çanakkale ve Manisa illerinde anlamlı azalma eğilimleri görülmektedir. İlkbahar mevsiminde Türkiye genelindeki artma eğilimi Marmara, Kıyı Ege, Akdeniz ve Güney Doğu Anadolu bölgelerinde anlamlılık göstermektedir. Türkiye'de son on yıl uzun yıllar ortalamasının üzerinde gerçekleşirken artma eğilimi devam etmektedir (Şekil 7).

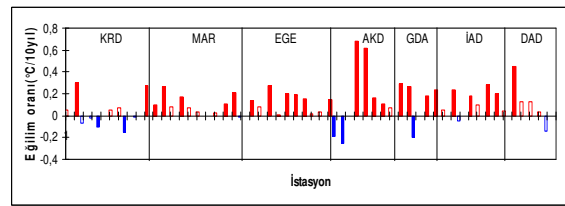


Şekil 7. İlkbahar maksimum sıcaklıktaki değişimler. Yatay kesikli çizgi (----), uzun süreli ortalamayı gösterir. Dizilerdeki uzun süreli eğilimleri ve dalgalanmaları gösterebilmek amacıyla, yıldan yıla değişimler 11 noktalı Binom süzgeci ile (—) düzleştirilmiştir.

Yaz mevsiminde maksimum sıcaklıklar artma eğilimindedir. Bu artışlar 35 istasyonumuzda anlamlı düzeydedir. Başta Ege bölgesinin geneli olmak üzere Akdeniz kıyıları, Güneydoğu Anadolu ve İç Anadolu'nun kuzey kesimlerinde artışlar belirginleşmektedir. Maksimum sıcaklık dizileri sonbahar mevsiminde anlamlı olmayan zayıf ısınma ve soğuma eğilimi göstermektedir.

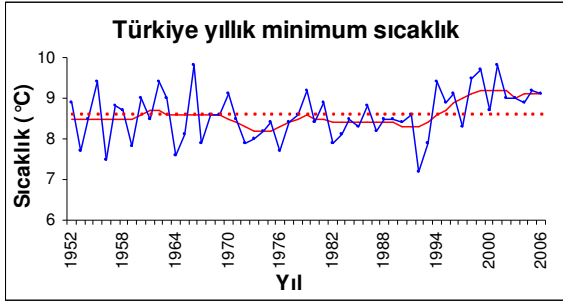
3.1.c. Minimum sıcaklıklar

Türkiye'de minimum sıcaklıklar 27 istasyonda anlamlı olmak üzere genelde artma eğilimi göstermektedir. EKKDR çözümlemesine göre, istasyonlardaki anlamlı doğrusal ısınma oranları, her on yılda 0.103°C ile 0.679°C arasında değişmektedir (Şekil 8).



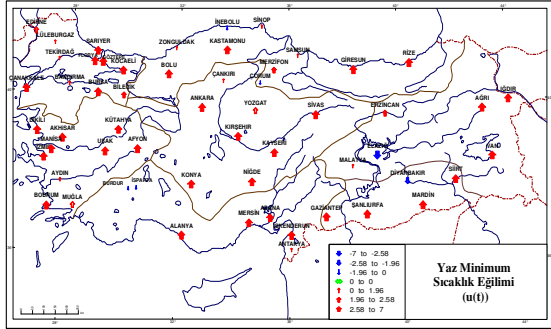
Şekil 8. Minimum sıcaklık dizilerindeki bölgelere göre eğilim oranları (içi dolu çizgiler anlamlı eğilimleri gösterir).

Minimum sıcaklık dizilerindeki yıllar arası değişimlerin, genelde pozitif dizisel ilişki katsayısıyla karakterize olması, gece en düşük sıcaklıklardaki artışın özellikle kentleşme ve nüfus yoğunluğunun artmasıyla da ilişkilidir (Şekil 9).



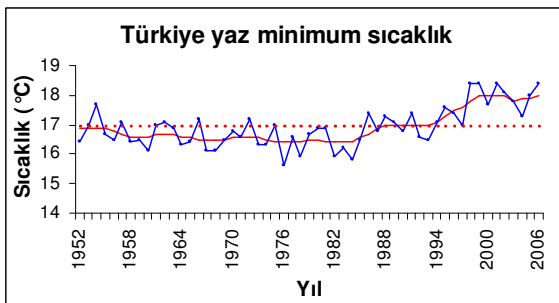
Şekil 9. Yıllık minimum sıcaklıktaki değişimler. Yatay kesikli çizgi (-----), uzun süreli ortalamayı gösterir. Dizilerdeki uzun süreli eğilimleri ve dalgalanmaları gösterebilmek amacıyla, yıldan yıla değişimler 11 noktalı Binom süzgeci ile (—) düzleştirilmiştir.

Kış mevsiminde minimum sıcaklık dizilerinde genelde anlamlı olmayan azalma eğilimi görülmektedir. İlkbahar mevsiminde minimum sıcaklıklar Marmara, Ege, Akdeniz ve Güneydoğu Anadolu'da daha yoğun olmak üzere 32 istasyonda anlamlı artış eğilimindedir.



Şekil 10. 57 istasyonun yaz mevsimi minimum sıcaklık dizileri için hesaplanan Mann-Kendall örneklemdeğerinin coğrafi dağılımı.

Yaz mevsiminde minimum sıcaklıklar ülke genelinde anlamlı düzeylere ulaşan artış eğilimi göstermektedir (Şekil 11).



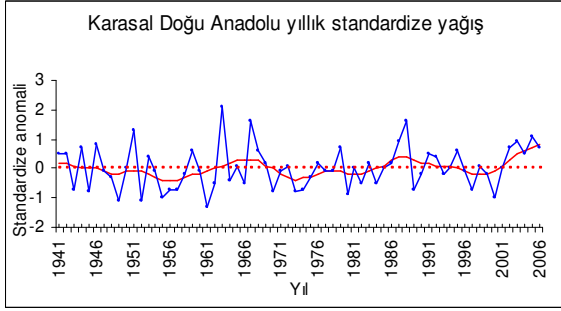
Şekil 11. Yaz minimum sıcaklıktaki değişimler. Yatay kesikli çizgi (-----), uzun süreli ortalamayı gösterir.

Dizilerdeki uzun süreli eğilimleri ve dalgalanmaları gösterebilmek amacıyla, yıldan yıla değişimler 11 noktalı Binom süzgeci ile (—) düzleştirilmiştir.

Yaz mevsiminde seçilen istasyonların 41'i yıllar arası değişimler ve eğilimler bakımından anlamlı düzeydedir (Şekil 10). Sonbahar mevsimi minimum sıcaklık dizilerinde İç Anadolu, Akdeniz ve Güneydoğu Anadolu bölgelerinde anlamlı ısınma ile karakterize olmaktadır.

3.2. Yağış Dizilerindeki Eğilimler Ve Değişiklikler

Çalışmada kullanılan istasyonların yağış değişimleri hem yıldan yıla değişebilirlik hem de uzun ve kısa süreli eğilimler açısından alansal ve zamansal bir uyum göstermektedir. Yıllık standardize (1961-1990 yılları ortalamalarına göre normalleştirilmiş) yağış dizilerinde çok belirgin bir eğilim belirlenmemiştir. Karadeniz ve Doğu Anadolu'nun kuzey kesimlerinde belirlenen artış eğilimleri, bazı istasyonlarda anlamlı çıkarken, bu alanların dışında anlamlı olmayan azalma eğilimleri saptanmıştır. Yağış bölgeleri alansal olarak değerlendirildiğinde, Karadeniz ile Karasal Doğu Anadolu Bölgelerinde yağışta artış eğilimi; Akdeniz, Akdeniz Geçiş, Karasal Akdeniz bölgelerinde ise azalma eğilimi bulunmaktadır (Şekil 12.a ve 12.b). Karasal İç Anadolu ve Marmara bölgelerinde ise artış ya da azalış eğilimi yoktur.



a)

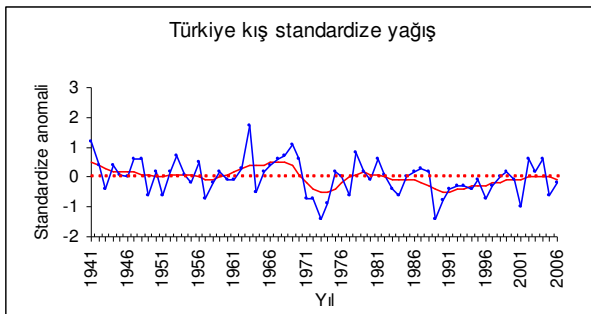


b)

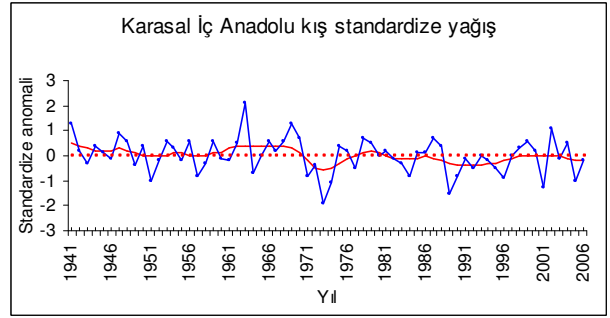
Şekil 12. a) Karasal Doğu Anadolu , b) Akdeniz geçiş bölgeleri standardize yağış dizilerindeki değişim. Yatay kesikli çizgi (-----), 1961-1990 dönemi ortalamayı gösterir. Dizilerdeki uzun süreli eğilimleri ve dalgalanmaları gösterebilmek amacıyla, yıldan yıla değişimler 11 noktalı Binom süzgeci ile (—) düzleştirilmiştir.

3.2.a. Kış mevsimi

Yıllık toplam yağışların yaklaşık % 40'ını oluşturan kış mevsimi yağışları, su miktarı açısından çok önemlidir. Çözümlemeler sonucunda, Türkiye genelinde kış mevsimi yağışlarında azalma eğilimi tespit edilmiştir (Şekil 13.a ve 13.b). Hesaplama kullanılan 88 istasyondan 78 tanesinde azalma eğilimi gözlenmektedir ve bu istasyonların 24 tanesinde azalma eğilimleri anlamlıdır.



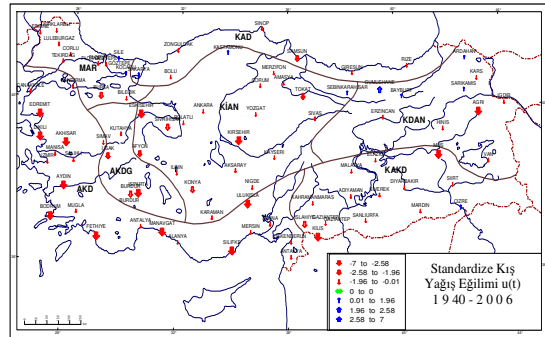
a)



b)

Şekil 13. Kış mevsimi a) Türkiye yıllık b) Karasal İç Anadolu standardize yağış dizilerindeki değişim. Yatay kesikli çizgi (-----), 1961-1990 dönemi ortalamayı gösterir. Dizilerdeki uzun süreli eğilimleri ve dalgalanmaları gösterebilmek amacıyla, yıldan yıla değişimler 11 noktalı Binom süzgeci ile (—) düzleştirilmiştir.

Yağış değişimleri bölgesel olarak değerlendirildiğinde ise, Akdeniz, Akdeniz Geçiş, Karasal İç Anadolu ve Karasal Akdeniz ve Karasal Doğu Anadolu Bölgelerinde kış yağışları azalma eğilimindedir (Şekil 14). Karadeniz ve Marmara bölgelerinde ise herhangi bir eğilim belirlenmemiştir.

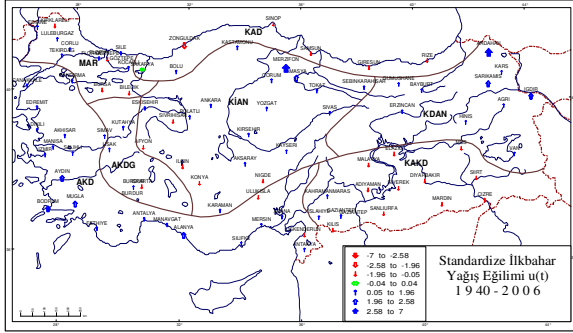


Şekil 14. 88 istasyonun kış mevsimi standardize yağış dizileri için hesaplanan Mann-Kendall örneklemdeğerlerinin coğrafi dağılımları.

3.2.b. İlkbahar mevsimi

İlkbahar yağışlarında çok az sayıda istatistiksel olarak anlamlı artışlar gözlenirse de, genel olarak anlamlı olmayan zayıf artışlar hakimdir. Karasal Doğu Anadolu, Karasal İç Anadolu ve Akdeniz bölgelerinde ilkbahar yağışları artma eğilimi, Karadeniz ve Marmara bölgelerinde ise azalma eğilimi şeklinde kendini göstermektedir. Diğer yağış

bölgelerinde ise belirgin bir eğilim belirlenmemiştir (Şekil 15).

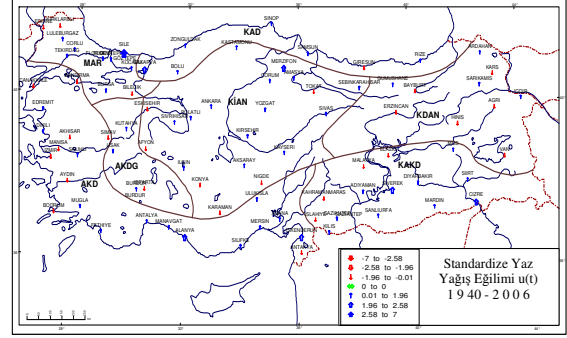


Şekil 15. 88 istasyonun ilkbahar mevsimi standardize yağış dizileri için hesaplanan Mann-Kendall örneklemdeğerlerinin coğrafi dağılışları.

Karasal Doğu Anadolu bölgesi 1961-1990 dönemine göre yaklaşık 10 yıldır artan bir eğilim göstermektedir. Karasal İç Anadolu ve Akdeniz bölgelerinde ilkbahar yağışlarında artış eğilimi gözlemlense de, değişim oranları 1961-1990 yılı ortalamalarına yakın ya da biraz altındadır.

3.2.c. Yaz mevsimi

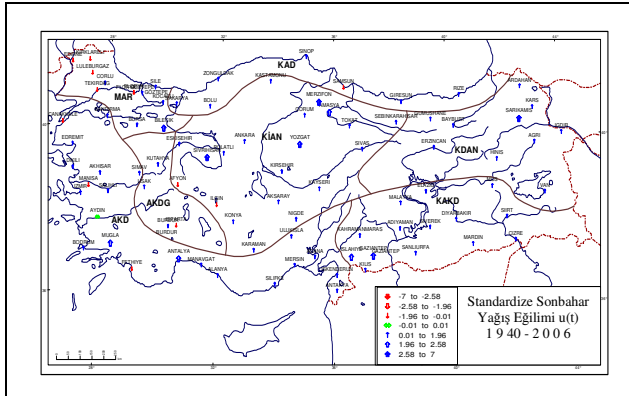
Alansal olarak oldukça değişkenlik gösteren Türkiye yağışlarının yaklaşık % 10'u yaz aylarında gerçekleşmektedir. Çözümleme sonuçlarına göre, yaz yağışlarında 1961-1990 ortalamasına yakın olmak üzere istatistiksel açıdan anlamlı olmayan hafif artışlar görülmektedir. Bölgesel bazlı yapılan değerlendirmelerde, Karasal Akdeniz'de çok kuvvetli olmayan bir artış eğilimi göze çarpmaktadır. Diğer bölgelerde ise, belirgin bir eğilim yoktur (Şekil 16). Son 10 yılda Marmara ve Karasal Akdeniz Bölgeleri dışında yaz yağışlarının genelde 1961-1990 yılı ortalamaları seviyesinde veya altında gerçekleştiği tespit edilmiştir.



Şekil 16. 88 istasyonun yaz mevsimi standardize yağış dizileri için hesaplanan Mann-Kendall örneklemdeğerlerinin coğrafi dağılışları.

3.2.d. Sonbahar mevsimi:

Sonbahar mevsimi yağışları, Türkiye'nin büyük bölümünde hafif artış eğilimindedir. 88 istasyonun 75'inin yağış dizilerinde görülen artışlar, sadece 10 istasyonda istatistiksel açıdan anlamlıdır (Şekil 17). Bölgesel olarak ise sonbahar yağışları, genelde 1961-1990 yılı ortalamalarının üzerindedir.



Şekil 17. 88 istasyonun sonbahar mevsimi standardize yağış dizileri için hesaplanan Mann-Kendall örneklemdeğerlerinin coğrafi dağılışları.

4. SONUÇLAR

4.1. Sıcaklık Dizilerindeki Eğilimler Ve Değişiklikler

Çalışmada, Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü'nün 57 istasyonuna ait 1952-2006 dönemi aylık ortalama maksimum, minimum ve ortalama sıcaklık dizilerine, uzun süreli eğilimlerin ve değişikliklerin belirlenmesi amacıyla çoğu parametrik olmayan istatistiksel zaman dizisi sınamaları uygulanmıştır.

4.1.a. Ortalama sıcaklıklar:

W-W ve M-K sına ma sonuçlarında, Türkiye'nin güney ve güney batısında yer alan ve büyük oranda kentleşmenin yaş andığı bölgelerde anlamlı ısınma eğ ilimleri görülmektedir. En küçük kareler doğrusal regresyon (EKKDR) çözümlmesine göre, istasyonlardaki anlamlı doğrusal ısınma oranları, her on yılda 0.121°C ile 0.312°C arasında değ işmektedir. Kış mevsiminde genelde zayıf bir azalma eğ ilimi hakimdir. İlkbahar mevsiminde gözlenen ısınma eğ ilimlerinin bir bölümü istatistiksel açıdan anlamlıdır. Yaz mevsiminde ortalama sıcaklıklardaki ısınma eğ ilimi, istasyonların çoğ unda anlamlı pozitif dizisel iliş ki katsayısı ile tanımlanmaktadır. Sonbahar mevsiminde ise anlamlı olmayan hafif soğ uma eğ ilimi gözlenmektedir.

Türkiye'de ortalama sıcaklıklar, küresel ortalama yüzey sıcaklıklarına benzer şekilde artış eğ ilimindedir. Ancak, küresel olarak 1980'li yıllardan bu yana devam eden hızlı sıcaklık artışı, Türkiye'de 1990'lı yıllardan itibaren gözlenmektedir.

4.1.b. Maksimum sıcaklıklar:

Yıllık maksimum sıcaklık dizilerindeki değ işimler genelde artış yönündedir ve Akdeniz, Güney Doę u Anadolu ile Doę u Anadolu'nun güney kesimlerinde ısınma eğ ilimleri istatistiksel açıdan anlamlıdır. EKKDR çözümlmesine göre, istasyonlardaki anlamlı doğrusal ısınma oranları, her on yılda 0.102°C ile 0.399°C arasında değ işmektedir. Kış maksimum sıcaklık dizileri Türkiye'nin güney bölümleri dışında zayıf azalma eğ ilimi göstermektedir. İlkbahar mevsiminde Türkiye genelinde belirlenen artma eğ ilimi, Marmara, Ege ve Akdeniz ile Güney Doę u Anadolu bölgelerinde anlamlı düzeylerde dir. Yaz mevsiminde maksimum sıcaklık dizilerindeki artış 33 istasyonda istatistiksel olarak anlamlıdır. Sonbahar mevsiminde ise anlamlı olmayan zayıf ısınma ve soğ uma eğ ilimi hakimdir.

4.1.c. Minimum sıcaklıklar

Türkiye'de minimum sıcaklıklar, 27 istasyonda anlamlı olmak üzere genel olarak artma eğ ilimi göstermektedir. EKKDR çözümlmesine göre, istasyonlardaki anlamlı doğrusal ısınma oranları, her on yılda 0.103°C ile 0.679°C arasında değ işmektedir. Kış mevsiminde minimum sıcaklık dizilerinde anlamlı olmayan azalma eğ ilimi görülmektedir. İlkbahar mevsiminde Marmara, Ege Akdeniz ve Güneydoę u Anadolu'da daha yoğun olmak üzere 32 istasyonda anlamlı artışlar belirlenmiştir. Yaz mevsimi minimum sıcaklıklarında 43 istasyon, yıllar arası değ işimleri bakımından anlamlı pozitif eğ ilim göstermektedir. Sonbahar mevsimi minimum sıcaklık dizilerinde İç Anadolu, Akdeniz ve Güneydoę u Anadolu bölgelerinde olmak üzere 24 istasyonda anlamlı ısınmalar bulunmaktadır.

Seçilen 57 istasyonun 56'sı yıllık sıcaklık verileri ile yapılan çözümlmeler sonucunda, ilkbahar ve yaz mevsimlerinde aylık ortalama maksimum, minimum ve ortalama sıcaklık dizilerindeki değ işikliklerin artış yönünde olduğ u görülmüştür. Minimum sıcaklık dizilerinde kış mevsimi dışında artış eğ ilimi belirlenmiştir. Bu artışlarda yüksek nüfus artışı ve yaygın kentleşmenin de büyük etkisi vardır.

4.2. Yağış Dizilerindeki Deę işiklikler Ve Eğ ilimler

Çalışmanın bu bölümünde, Türkiye genelinde seçilen 88 adet istasyonun 1940-2006 dönemi toplam yağış verileri kullanılarak 1961-1990 yılı ortalamalarına göre standardize edilen yağış dizilerinin uzun süreli değ işimleri ve eğ ilimleri araştırılmıştır.

Gerçekleştirilen istatistiksel sına ma sonuçlarına göre, yıllık standardize yağış dizilerinde çok belirgin bir eğ ilim bulunmamakla birlikte, alansal olarak Karadeniz Bölgesi ile Karasal Doę u Anadolu Bölgelerinde hafif bir artış eğ ilimi ve Akdeniz, Akdeniz Geçiş ve Karasal Akdeniz bölgelerinde hafif bir azalma eğ ilimi belirlenmiştir. Türkiye genelinde

yağışlarda belirgin değişiklikler özellikle kış mevsiminde kendini göstermektedir. Azalma yönünde olan bu değişiklikler, 78 istasyondan 24 tanesinde istatistiksel açıdan anlamlıdır. Akdeniz, Akdeniz Geçiş, Karasal İç Anadolu ve Karasal Akdeniz bölgeleri kış yağışlarında azalma gösteren bölgelerdir. Karadeniz ve Marmara bölgelerinde ise herhangi bir eğilim görülmemektedir. İlkbahar yağışlarında çok az sayıda anlamlı artışlar gözlenirse de genel olarak anlamlı olmayan zayıf artış eğilimleri hakimdir. Karasal Doğu Anadolu, Karasal İç Anadolu ve Akdeniz bölgelerinde ilkbahar yağışlarında değişiklikler artış, Karadeniz ve Marmara bölgelerinde ise düşüş yönündedir. Karasal Doğu Anadolu bölgesinde yağışlar, yaklaşık olarak 10 yıldır 1961-1990 ortalamasının üstündedir. Yaz yağışlarının alansal ve zamansal değişim oranlarında anlamlı olmayan zayıf artışlar belirlenmiştir. Sonbahar mevsiminde yağışların genelde Türkiye'nin büyük bölümünde arttığı görülmüştür. Artış eğilimi gösteren 75 istasyonun ancak 10 tanesinde anlamlı pozitif dizisel ilişki katsayısı bulunmuştur.

Türkiye'de bölgelere göre farklılık gösteren yıllık toplam yağışın yaklaşık %40'ı kış, %27'si ilkbahar, %10'u yaz ve %23'ü sonbahar mevsiminde gerçekleşmektedir. Bundan dolayı da, Türkiye'de kış ve bahar yağışlarında değişimler, su miktarını oldukça etkilemektedir. Yer altı ve yer üstü sularının varlığının devamı için bu dönemlerde meydana gelen yağışın miktarı ve şekli oldukça önemlidir. Türkiye genelinde seçilen 88 adet istasyonun 67 yıllık yağış verilerinin çözümlemeleri sonucunda özellikle kış mevsiminde gerçekleşen yağış miktarında önemli azalmalar görülmektedir. Bunun yanı sıra, ilkbahar ve sonbaharda anlamlı olmayan hafif yağış artışları gözlenmekte ve bu artışlar bölgeler göre farklılıklar göstermektedir. Türkiye'de yağış azlığına bağlı son 20-30 yıldır yaşanan uzun süreli kuraklıklarda, dolaşım sistemlerindeki değişikliklerin ve kaymaların etkili olabileceği söylenebilir. Bunlar, 1980'den sonra

Sibirya Antisiklonunun zayıflaması (kış kuraklığı), Azor antisiklon sırtının Doğu Akdeniz'e ulaşması (kış kuraklığı), Akdeniz'e gelen cephe sistemlerinin azlığı ve Basra alçak basıncının kuzeye sokulması (yaz kuraklıkları) ve Azor ve Basra alçak basınçlarının birleşerek kuvvetlenmesi (yaz kuraklıkları) şeklinde sıralanabilir (Kömüşçü, 2001). Ayrıca Kuzey Atlantik Salınımı'nın (NAO) pozitif devreleri Türkiye'de ki kurak koşullarla oldukça uyumludur. NAO'nun yanı sıra, yapılan bazı çalışmalara göre, kuvvetli El-Nino yıllarında ya da bir yıl sonrasında da özellikle kış yağışlarında benzer durumlarla karşılaşılmaktadır.

5. KAYNAKLAR

- Ezber, Y., Sen, O.L., Kindap, T., and Karaca, M. (2006). "Climatic Effects of Urbanization in Istanbul: A Statistical and Modelling Analysis", *International Journal of Climatology*.
- First National Communication of Turkey on Climate Change., <http://www.meteor.gov.tr>.
- IPCC, 2007. Climate Change (2007). The Scientific Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Summary for Policy Makers.
- Kadioğlu M. (1997). "Trends in surface air temperature data over Turkey". *International Journal of Climatology* 17: 511-520.
- Karaca, M., Tayanc, M. and Toros, H. (1995)., "Effects of Urbanization on Climate of Istanbul and Ankara : A First Study", *Atmospheric Environment, Part B: Urban Atmosphere*, 29, No:23.
- Kömüşçü, A.Ü. (2001). "An Analysis of Recent Drought Conditions in Turkey in Relation to Circulation Patterns". *Drought Network News*, (13) 5-6
- Tayanç M., Karaca M. and Yenigün, O. (1997). "Annual and seasonal air temperature trend patterns of climate change and urbanization effects in relation to air pollutants in Turkey". *Journal of Geophysical Research* 102: 1909-1919.
- Türkeş M (1996) "Spatial and temporal analysis of annual rainfall variations in Turkey". *Int J. Climatology*, 16:1057-1076.
- Türkeş M. (2003). 23 Mart Dünya Meteoroloji Günü Kutlaması: Gelecekteki İklimimiz Paneli, Bildiriler Kitabı, 12-37, Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Türkeş M., Sümer U.M. and Demir İ. (2002a). "Re-evaluation of trends and changes in mean,

maximum and minimum temperatures of Turkey for the period 1929-1999". International Journal of Climatology, 22: 947-977.

- Türkeş M., Sümer U.M., and Kılıç G. (2002b). "Persistence and periodicity in the precipitation series of Turkey and associations with 500 hPa geopotential heights". Climate Research, 21:59-81.
- Türkeş M., Sümer U.M.and Kılıç G. (1996). "Observed changes in maximum and minimum temperatures in Turkey". International Journal of Climatology, 16: 463-477.