



ISSN:1306-3111

e-Journal of New World Sciences Academy
2010, Volume: 5, Number: 3, Article Number: 4A0027

NATURE SCIENCES

Received: June 2009

Accepted: June 2010

Series : 4A

ISSN : 1308-7282

© 2010 www.newwsa.com

Muhammet Bahadır

Sinan Saraçlı

Afyon Kocatepe University

mbahadir@aku.edu.tr

Afyon-Turkey

ISPARTA'DA ARIMA MODELİNE GÖRE SENTETİK İKLİM VERİLERİNİN ANALİZİ

ÖZET

Bu çalışmada, durağan olmayan zamansal serilerin, durağan hale dönüştürülerek analiz edilmesi sistemine dayanan ARIMA (Box-Jenkins) modeli kullanılmıştır. Isparta'ya ait sıcaklık, buharlaşma ve yağış serilerinin uzun yıllık trendleri dikkate alınarak, 2015 yılına kadar eğilimleri tespit edilmiştir. Yapılan analizlerde sıcaklık, yağış ve buharlaşmadaki değişim eğilimleri arasında pozitif yönde anlamlı ilişkiler tespit edilmiştir. Sıcaklıkta 0,2 °C'lik azalma, beraberinde de yaklaşık olarak buharlaşmada 94 mm'lik azalmayı getireceği, buna karşılık yağış miktarında ise yağış serilerindeki aşırı oynamanın gelecekte artış şeklinde olacağı ve 2015 yılında 80 mm daha fazla olacağı sonucuna varılmıştır.

Anahtar Kelimeler: ARIMA Modeli, Sentetik Seri, Box-Jenkins Tekniği, Isparta, İklim

ANALYSIS OF SYNTHETIC CLIMATE DATA IN ACCORDANCE WITH THE ARIMA MODEL IN ISPARTA

ABSTRACT

The ARIMA (Box-Jenkins) model, which is based on analyzing mobile temporal series after transformation into inert series, has been used in this study. The temperature, vaporization and precipitation trends for the past years were taken into consideration and the trends up to 2015 were determined. The analysis revealed positive relationships among the temperature, precipitation and vaporization trends. It was concluded that while there would be a 0,2 °C decrease in temperature together with an approximate decrease of 94 mm in vaporization, the precipitation corresponding to the extreme variations of the precipitation series shall increase up to 80 mm in the year 2015.

Keywords: ARIMA Model, Synthetic Series, Box-Jenkins Technique, Isparta, Climate

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Günümüzde sera gazı emisyonlarındaki artış özellikle sanayi devriminden sonra dünyadaki doğal atmosfer koşullarının değişimine neden olmuştur. Özellikle atmosferde oranları artan sera gazları doğal dengenin bozulmasına neden olmuş ve bu değişimde faaliyetleri ile birlikte baş aktör insan olmuştur. Asıl soru ise bundan sonra ne olacaktır? Birçok bilim dalına mensup bilim insanlarının konunun hassasiyetine yönelik disiplinler arası çalışmaları bulunmaktadır. Konuya ilgi duyan doğal ortam bilimcilerden coğrafyacılar gerek doğal ortamdaki değişimleri izlemesi gerekse beşeri hayata yansımalarını birlikte ortaya koyması ve sentezlemesi açısından diğer bilim dallarına göre bir adım öndedirler. Ancak, karmaşık bir sistemin ürünü olan iklimin sadece gözleme ve verilerin yorumlamasına dayalı olmaktan ziyade, analize ve bulguya dayalı olarak incelenmesi uyum sağlaması açısından son derece önemlidir.

Atmosferde sera gazlarının oranları özellikle 1900'lü yıllardan sonra hızla artmaktadır. Bu artışta, fosil yakıt kullanımının artması, ormanların özellikle yangınlar ve bilinçsiz kullanımla tüketilmesi, sanayi süreçlerinin hızlanması ve geri kalmış ülkelerin hızla doğal kaynaklarını kullanarak kalkınmaya çalışması, ayrıca gelişmiş ülkelerin ekonomik kaygıları gibi faktörler etkili olmaktadır. Bu durum atmosferde, doğal sera etkisini kuvvetlendirerek, şehirleşmenin de katkısı ile dünyanın yüzey sıcaklıklarının artmasına neden olmaktadır. Yüzey sıcaklıklarında 19. yüzyılın sonlarında başlayan ısınma, 1980'li yıllardan sonra daha da belirginleşerek, hemen her yıl bir önceki yıla göre daha sıcak olmak üzere, küresel sıcaklık rekorları kırmıştır. Yüksek sıcaklık rekorunun en sonucusu, 1998 yılında kırılmış, 1998 hem küresel ortalama hem de kuzey ve güney yarımkürelerin ortalamaları açısından, 1860 yılından beri yaşanan en sıcak yıl olmuştur (Türkeş vd., 2000:2-4).

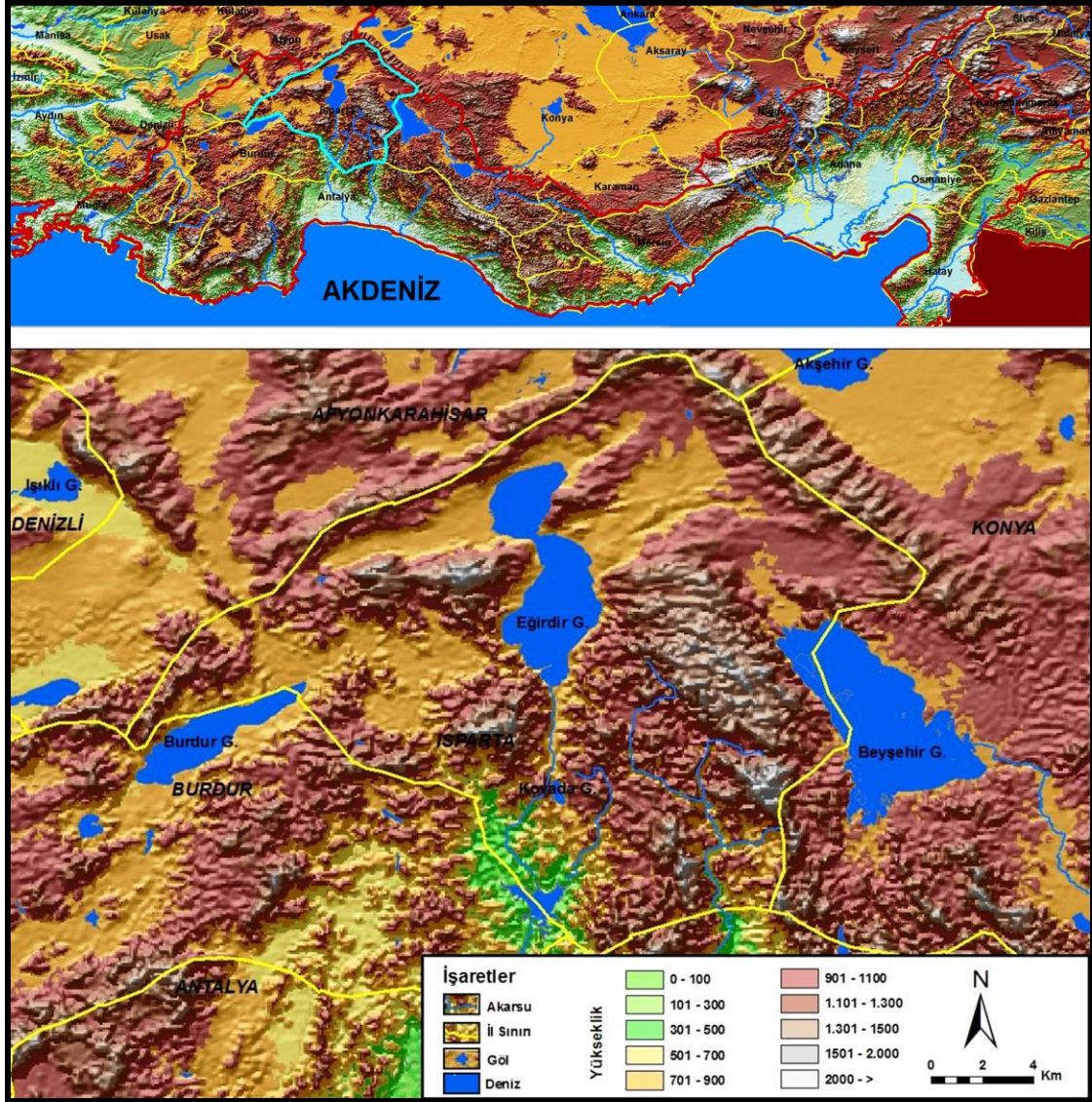
Birleşmiş Milletler'in küresel iklim değişikliği konusundaki uzman kuruluşu Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli'nin (IPCC) 2001 yılında yayımlanan 3. Değerlendirme Raporu'na göre, küresel ortalama yüzey sıcaklığı, 20. yüzyılda 0,4-0,8°C arasında (yaklaşık 0,6°C) artmıştır. IPCC'nin son raporundaki gelişmiş iklim modellerinin sonuçları, küresel ortalama yüzey sıcaklığının 1990-2100 döneminde 1,4-5,8°C arasında yükseleceğini öngörmektedir (Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli, 2001a; Türkiye İklim Değişikliği Birinci Ulusal Bildirimi, 2007:165-168).

Küresel iklim değişikliğinin Türkiye boyutu incelendiğinde ise, bölgeler arasında farklanmaların olduğu görülmektedir. 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 Türkiye'nin büyük bölümünde yıllık ve mevsimlik ortalama yüzey hava sıcaklıklarında, özellikle yaz mevsiminde, genel bir azalma eğilimi (soğuma) egemen olmuştur (Türkeş, 1996:3-5; Kadioğlu, 1997:5-6; Tayanç vd., 1997:1911-1913). Fakat 1990'lı yıllardan sonra özellikle 1992 yılında yaşanan soğuk yıldan sonra başlayan genel bir ısınma eğilimi kendini göstermektedir (Öztürk, 2002:2-6; Demirci, vd., 2008:2-3). İklim modellerinin çoğunda, genel olarak Akdeniz Havzası'na ya da Türkiye ve bölgesine ilişkin sıcaklık öngörülleri, kuzey yarımkürenin orta ve yüksek enlemlerine göre daha düşüktür. Başka sözlerle, en büyük ısınma yüksek enlemlerde bulunan alanlarda beklenmektedir. IPCC 3. Değerlendirme Raporu'nda da kullanılan çeşitli iklim modellerine göre (IPCC, 2001), Türkiye üzerindeki yıllık ortalama sıcaklıkların 2050 yılına kadar, yalnız sera gazlarındaki artışları dikkate alındığında, 1-3°C arasında; sera gazlarındaki ve sülfat

parçacıklarındaki değişimler birlikte dikkate alındığında ise 1-2°C arasında bir artış olacağı öngörülmektedir. Yağışta ise kış yağışlarında bir artış ilkbahar yağışlarında çok az sayıda istatistiksel olarak anlamlı artışlar gözlenirse de, genel olarak anlamlı olmayan zayıf artışlar hakimdir. Bölgesel olarak, Karasal Doğu Anadolu, Karasal İç Anadolu ve Akdeniz bölgelerinde ilkbahar yağışları artma eğilimi, Karadeniz ve Marmara bölgelerinde ise azalma eğilimi şeklinde kendini göstermektedir (Demir, vd., 2008:3-5).

Çalışmaya konu olan Isparta, Türkiye'nin güneybatı kesiminde, Göller Bölgesi olarak isimlendirilen sahada yer almaktadır. Isparta, bölge olarak Akdeniz Bölgesi sınırları içerisinde yer almaktadır. Isparta'da genel olarak Akdeniz ikliminin bozulmuş hali görülmektedir (Şekil 1). Toros dağlarının güneyden gelen hava kütlelerinin iç kısımlara sokulmasına engel oluşturması, ortalama olarak 1000 metreden daha fazla yükseltiye sahip olması gibi nedenler sonucunda Akdeniz İklimi bozulmalara uğramaktadır. Ancak Isparta'da görülen iklim tam anlamıyla İç Anadolu karasal iklimini de yansıtmamaktadır. Özellikle kış sıcaklarının daha yüksek olması, yaz devresinde ise karasal iklimin kuraklığı kadar şiddetli kuraklıkların görülmemesi ile İç Anadolu karasal ikliminden ayrılmaktadır (Koçman, 1993:12-13; Darkot ve Tuncel, 1995:11-12).

Çalışmada, Isparta'da iklimdeki değişim eğilimlerinin belirlenmesinde özellikle geçiş sahasında yer alması, hem denizel hem de karasal iklim özelliklerini taşıması, ayrıca ülkemizde göl yüzeyinin en geniş alan kaplayan sahalardan birini oluşturması önemli faktörler olmuştur. Değişim eğilimine karasal ortamlar ile denizel veya göllerin bulunduğu alanlar daha farklı tepkiler göstermekte ve farklılık arz etmektedir. Bu nedenle Isparta'da iklim elemanlarından sıcaklık, yağış ve buharlaşma miktarlarının değişim eğilimleri, korelasyonları ve gelecekteki projeksiyonlarını ortaya koymak, yöredeki iklim salınımlarını irdelemek açısından uygun olacağı düşünülmüştür. Böylece Isparta'nın Türkiye için hazırlanmış iklim senaryolarının neresinde yer aldığı ve hangi boyutlarda etkileneceğini etmek, benzer lokal çalışmaların Türkiye'nin diğer alanları içinde yapılması ile ülke genelindeki eğilimler belirlenmiş olacaktır.



Şekil 1. Isparta'nın lokasyonu ve yükseklik kademeleri haritası
(Figure 1. Map showing the location of Isparta and elevation levels)

2. ÇALIŞMANIN ÖNEMİ (RESEARCH SIGNIFICANCE)

Bu çalışmada, Türkiye klimatoloji çalışmaları için yeni bir model oluşturması beklenen Box-Jenkins tekniği (ARIMA) kullanılarak Isparta'nın iklimdeki salınımlara göstermiş olduğu tepkileri ve gelecekteki eğilimlerini tespit etmek amaçlanmıştır. Bu tekniğin kullanılmasında durağan olmayan serilerin istatistiksel analizlerinde güvenilir sonuçlar vermesi önemli rol oynamıştır. Çalışma, klimatoloji çalışmalarında istatistiksel veri analizini öngörerek, geleceğe yönelik kantitatif sonuçların ortaya konulmasında yardımcı olacaktır. Çalışmada Isparta'nın küresel boyuttaki iklim değişimlerine gelecek 6 yılda nasıl bir tepki göstereceği, eğilimin hangi yönde ve ne kadar etkili olacağı sonucuna ulaşmak, yöresel değişimleri belirlemek açısından önem taşımaktadır. Böylece geleceğe yönelik iklim projeksiyonları belirlenirken ülkemizin her alanında eğilimi belirlemek açısından yararlanılacak bir model oluşturması ve ülkenin tamamına yönelik hazırlanması iklim çalışmalarına katkı sağlayacaktır.

3. VERİ VE YÖNTEM (DATA AND METHOD)

Zaman serilerinde bir analiz ve tahmin yöntemi olan Box-Jenkins tekniği; kesikli, doğrusal ve stokastik süreçlere dayanır. Otoregresif, otoregresif-hareketli ortalama ve birleştirilmiş otoregresif-hareketli ortalama Box-Jenkins tahmin modelleridir. AR (p), MA (q) ve bunların birleşimi olan ARMA (p, q) durağan süreçlere uygulanırken; ARIMA (p, d, q) durağan olmayan süreçlere uygulanmaktadır (Hamzacebi ve Kutay, 2004:2-3).

• AR (p) modelleri;

$$Y_t = \phi_1 Y_{t-1} + \phi_2 Y_{t-2} + \dots + \phi_p Y_{t-p} + \gamma + a_t$$

şeklinde gösterilmektedir. Formülde;

$Y_{t-1}, Y_{t-2}, \dots, Y_{t-p}$ serinin geçmiş gözlem değerleri,

$\phi_1, \phi_2, \phi_p \dots$ geçmiş gözlem değerleri için katsayılar,

γ sabit bir sayı

a_t hata terimidir.

• MA (q) modelleri;

$$Y_t = \mu + a_t - \theta_1 a_{t-1} - \theta_2 a_{t-2} - \dots - \theta_q a_{t-q}$$

Formülde;

$a_t, a_{t-1}, a_{t-2}, \dots, a_{t-q}$ hata terimlerini,

$\theta_1, \theta_2, \dots, \theta_q$ hata terimleri katsayılarını,

μ sürece ait serinin ortalamasını ifade etmektedir.

ARMA modelleri, durağan stokastik modellerdir, geçmiş gözlem ve hata terimlerinin doğrusal fonksiyonunu ifade etmektedir.

• ARMA (p, q) modelleri genel olarak aşağıdaki gibi ifade edilebilir.

$$Y_t = \phi_1 Y_{t-1} + \phi_2 Y_{t-2} + \dots + \phi_p Y_{t-p} + \gamma + a_t + \theta_1 a_{t-1} - \theta_2 a_{t-2} - \dots - \theta_q a_{t-q}$$

Zaman serisinin durağan olduğu koşullarda, yani sürecin ortalamasının varyansının ve kovaryansının zamana bağlı değişmediği durumlarda ARMA (p, q), veya ARMA (p, q)'nın özel hali olan AR (p), MA (q) modellerinden uygun olanı kullanılabilir. Ancak, gerçekte zaman serilerinin ortalama ve varyansında zamana bağlı değişim olmaktadır. Bu durum, durağan olmayan durum olarak adlandırılır. Bu tip zaman serileri durağan hale dönüştürüldüğünde ARMA (p, q), modelleri tahmin için kullanılabilir. Bu yüzden, durağan olmayan seriler durağan hale getirilir, böylece bu tip serilerin kullanılması daha doğru sonuçlara ulaşmayı mümkün kılar.

Zaman serisini durağanlaştırmak fark alınarak yapılmaktadır. Zaman serisinin doğrusal bir trendi var ise, birinci fark serisi durağan olmaktadır. Eğer zaman serisinin eğrisel bir trendi varsa, farkların tekrar farkı alınarak ikinci farklar serisi durağanlaştırılmakta, bu durumda model ARIMA (p, d, q) olarak ifade edilmektedir. Burada d; serinin durağanlaştırma, fark alma parametresidir (Hamzacebi ve Kutay, 2004:3-4; Topçuoğlu, 2005:91).

ARIMA modeli dört temel aşamayı içermektedir. Birinci aşamada genel model sınıfı belirlenmektedir. Genel modelin seçimi için otokorelasyon fonksiyonları dikkate alınarak ARIMA modellerine ait teorik fonksiyonların özelliklerinden yararlanılmaktadır. İkinci aşamada, verilerin yapısına uygun bir model belirlenir. Bu amaçla korelasyon ve otokorelasyon fonksiyonlarından yararlanılmaktadır. Model belirleme aşamasında AR, MA, ARMA, ARIMA model sınıflarından bir tanesi seçilir. Üçüncü aşamada geçici modelin parametreleri istatistiksel yöntemlerle belirlenir ve anlamlılıkları ortaya konur. Son aşamada ise modelin uygunluk kontrolü yapılmaktadır. Bunun için

geçici modelin hatlarının otokorelasyon grafiği çizilerek otokorelasyon incelenir.

ARIMA yöntemine göre yapılan eğilim analizlerinde birden çok değişken kullanılması ve durağan olmayan değişkenlerin zamansal serisinin tahmin edilmesi açısından daha güvenilir sonuçlara ulaşılabileceği düşünülmüştür. ARIMA tekniği durağan zaman serisinin otoregressif - hareketli ortalama formunun belirlenmesine dayanmaktadır. Bu amaçla öncelikle zaman serisi durağan hale dönüştürülmekte (logaritmik birinci farkları alınarak) ve aşağıda genel formu verilen ARIMA (p,d,q) modelinden yeterli olanı araştırılmaktadır (Box ve Jenkins, 1976:2-4).
$$yt = b_0 + b_1yt-1 + b_2 yt-2 + \dots + yt-p + a_1ut-1 + a_2ut-2 + \dots + ut-q + vt \quad (4)$$

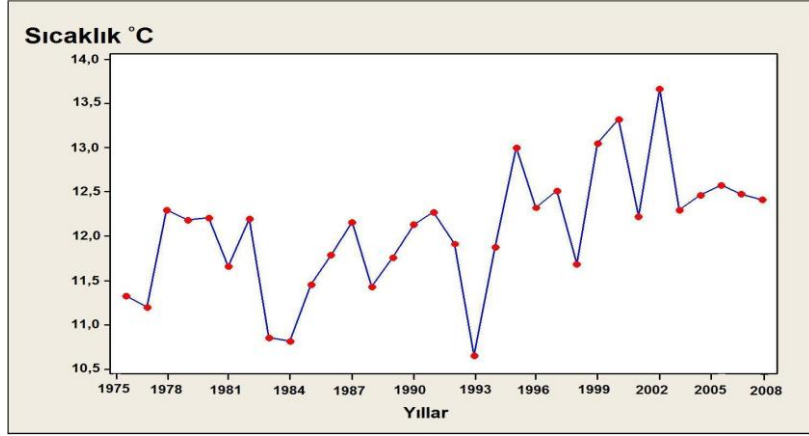
Burada; p otoregressif kısmın, q hareketli ortalama kısmının gecikme uzunluğunu ve d ise fark alma derecesini göstermektedir (Box ve Jenkins, 1970:3,5).

Zaman serileri kesikli, doğrusal ve stokastik süreç içeriyorsa Box-Jenkins veya ARIMA modeli olarak adlandırılır. Anılan modeller doğrusal filtreleme modelleri olarak da bilinmektedir. Otoregresif (AR-Auto-Regressive), hareketli ortalama (MA-Moving Average), AR ve MA modellerinin karışımı olan Otoregresif hareketli ortalama (ARMA- Auto Regressive Moving Average) modelleri en genel doğrusal durağan Box-Jenkins modelleridir. Durağan olmayıp fark alma işlemi sonucunda durağanlaştırılan serilere uygulanan modellere Birleştirilmiş otoregresif hareketli ortalama (ARIMA- Auto Regressive Integrated Moving Average) modeli adı verilir. Box-Jenkins modellerinde amaç; zaman serisine en iyi uyan, en az parametre içeren doğrusal modelin belirlenmesidir (Box ve Jenkins, 1976:2-4).

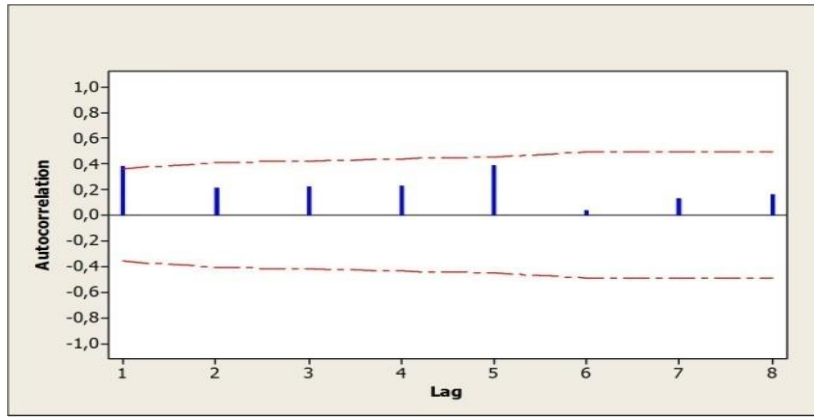
4. ANALİZLER VE BULGULAR (ANALYSES AND FINDINGS)

Isparta'da sıcaklık, yağış ve buharlaşma verilerine uygulanan analizler ve elde edilen bulgular bu kısımda değerlendirilmiştir. Özellikle sıcaklığın 1975'den 2009 yılına kadar olan dönemdeki değişim aralığı, franksı ve değişim yönü için hangi yöntemin uygulanması gerektiğine yönelik analizler yapılmıştır. Sıcaklık için uygulanan ARIMA modeline göre öncelikli olarak sıcaklık değerlerinin durağan olmaması, sözkonusu verilerin durağan hale getirilmesi analizleri uygulanmıştır. Daha sonra ise doğruluk ve anlamlılık testlerine geçilmiştir. Yapılan testlere göre sıcaklık serisinin yıllık gidişi (Şekil 2) belirlenmiş, eğilim yönünün belirlenmesi için otoregresif korelasyon fonksiyonu (Şekil 3) ve parçalı otoregresif korelasyon fonksiyonu (Şekil 4) diyagramlarından modelin hareketli ortalama taşınması gerektiği sonucuna ulaşılmıştır (Şekil 2, 3 ve 4).

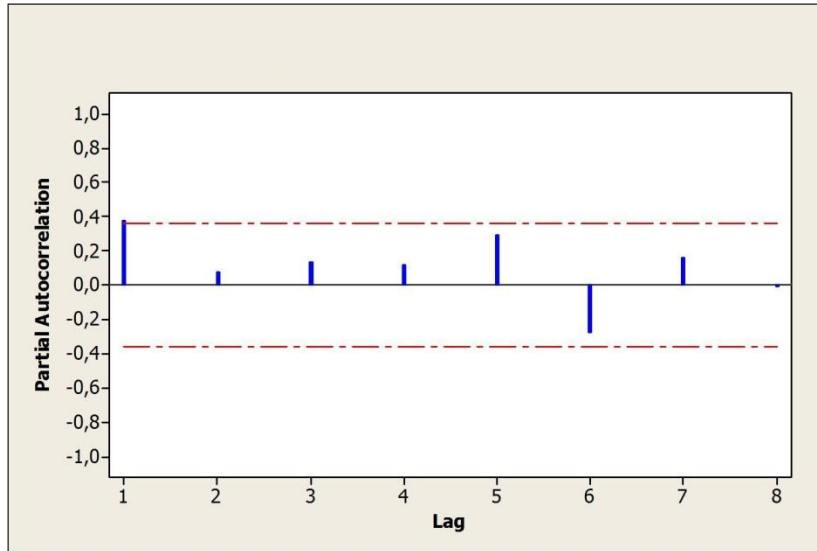
Veri analizleri sonucunda güvenilirliği tespit etmek için her iki korelasyon değerlerinin alt ve üst limitleri incelenmiştir. Autocorrelasyon ve partial autocorrelasyon değerlerinin üst ve alt sınır değerlerini geçmediği - 0,4 ile 0,4 arasında oldukları gözlemlenmiştir. Böylece yapılan analizlerin doğruluk oranları tespit edilmiştir.



Şekil 2. Sıcaklık serisi
(Figure 2. Temperature tendency)



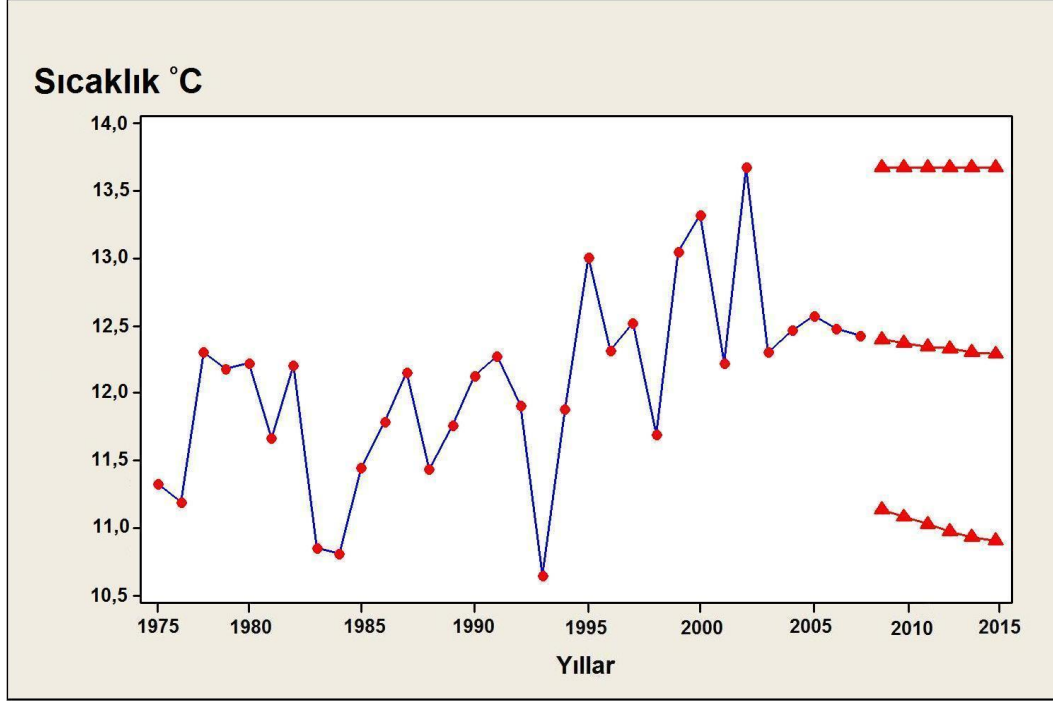
Şekil 3. Sıcaklığın otokorelasyonu
(Figure 3. Autocorrelation of temperature)



Şekil 4. Sıcaklığın kısmi otokorelasyonu
(Figure 4. Partial autocorrelation of temperature)

Sıcaklık eğilimini belirlemek için yapılan analizlerin bulgularına göre, Isparta'da sıcaklık tahminleri azalış eğiliminde olacağı sonucuna ulaşılmıştır. Tahmin aralığı 6 yıllık olup 2015 yılına kadar yapılmıştır. Üç ayrı bileşenli tahminde en yüksek ve

düşük bir de normal eğilim belirlenmiştir. Normal eğilimde Isparta'da sıcaklık 2015 yılına kadar 6 yıllık dönemde $0,2^{\circ}\text{C}$ azalacağı, buna karşılık alt limit değerlendirmesinde ise bu azalma miktarının $0,3^{\circ}\text{C}$ olması öngörülmektedir. Üst limit için yapılan analizde ise sıcaklığın hemen hemen günümüzle aynı oranda devam edeceği bulgularına ulaşılmıştır (Şekil 5 - Tablo 1).

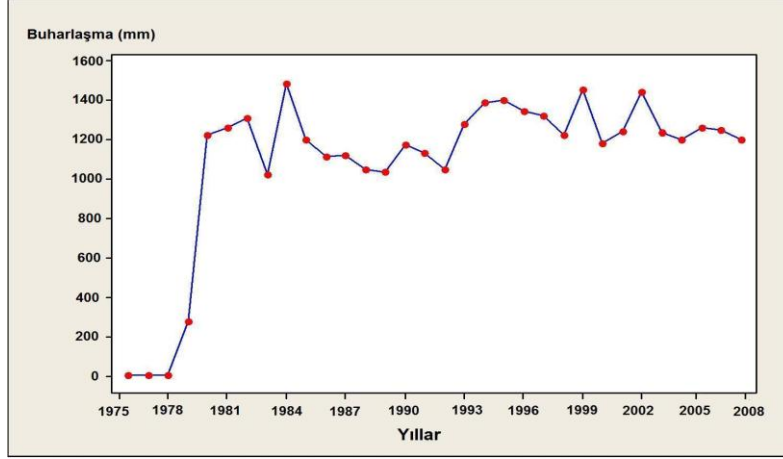


Şekil 5. Isparta'da sıcaklık eğilim analizleri (2009-2015).
(Figure 5. Temperature trends analysis for Isparta (2009-2015)).

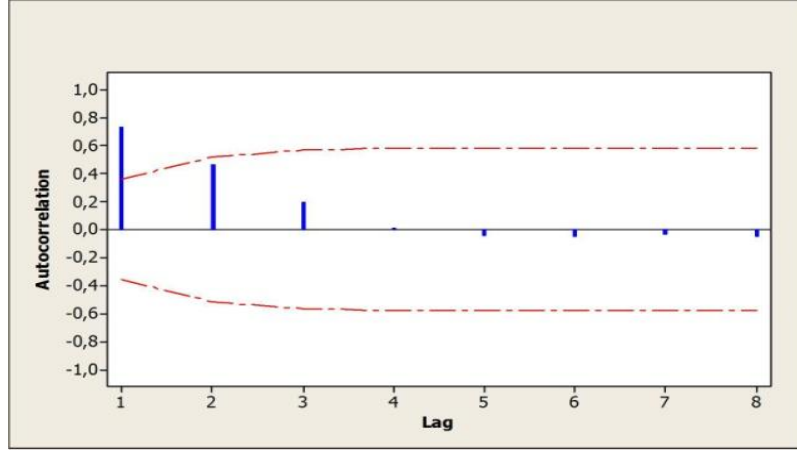
Isparta'da buharlaşma ile sıcaklık değişimi arasındaki ilişkilerin irdelenmesine yönelik analizlerle birlikte, buharlaşmanın gelecekte nasıl bir eğilim göstereceği, iklimin kurak ve ya nemli bir döneme mi gireceğinin önemli göstergelerinden biri olacaktır. Sıcaklığa uygulanan tüm analizler buharlaşmaya da uygulanmıştır. Öncelikle serilerin durağan hale getirilmesi, daha sonra ise doğruluk analizleri ile geçerliliği ölçülmüştür. Isparta'da 1975'den 1978'e kadar üç yıllık dönemde buharlaşma verisi ölçümü yapılmamıştır. Bu nedenle doğruluğu etkilememesi için bu üç yılın değeri hesaba katılmamış ve analize 1978 yılından başlanmıştır.

Yapılan testlere göre buharlaşma serisinin uzun yıllık gidişi (Şekil 6) belirlenmiş, eğilim yönünün belirlenmesi için otoregresif korelasyon fonksiyonu (Şekil 7) ve parçalı otoregresif korelasyon fonksiyonu (Şekil 8) diyagramlarından modelin hareketli ortalama taşınması gerektiği sonucuna ulaşılmıştır (Şekil 6, 7 ve 8).

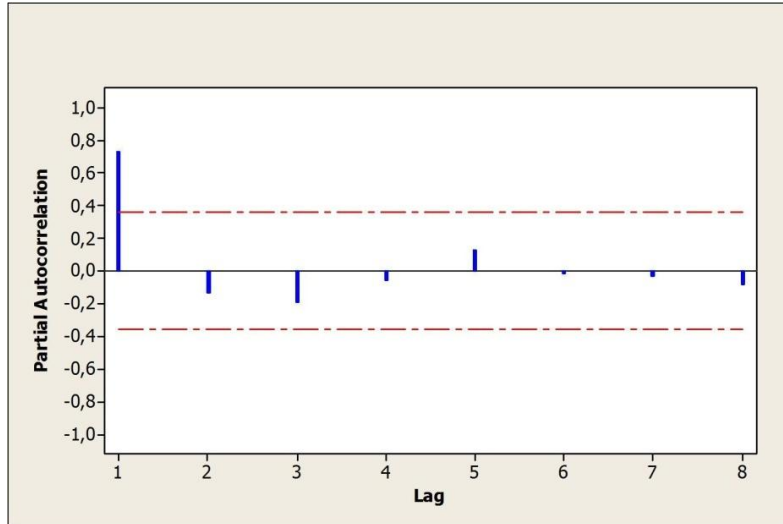
Veri analizleri sonucunda güvenilirliği tespit etmek için her iki korelasyon değerlerinin alt ve üst limitleri incelenmiştir. Otokorelasyon ve kısmi otokorelasyon değerlerinin üst ve alt sınır değerlerinin özellikle 1975 ile 1978 yılları arasında buharlaşma değerlerinin ölçülmemiş olması ve hesaplama katılmamasına bağlı olarak $-0,4$ ile $0,4$ sınır değerlerini pozitif yönde aştığı görülmektedir. Ancak, bu dönemden sonra korelasyon aralıkları devamlı olarak küçülmüş ve anlamlık değerleri yükselmiştir. 1978'den sonra korelasyon katsayılarının devamlı olarak bu sınır değerleri arasında kalması güvenilirlik derecesini yükseltmiştir.



Şekil 6. Buharlaştırma serisi
(Figure 6. Evaporation tendency)



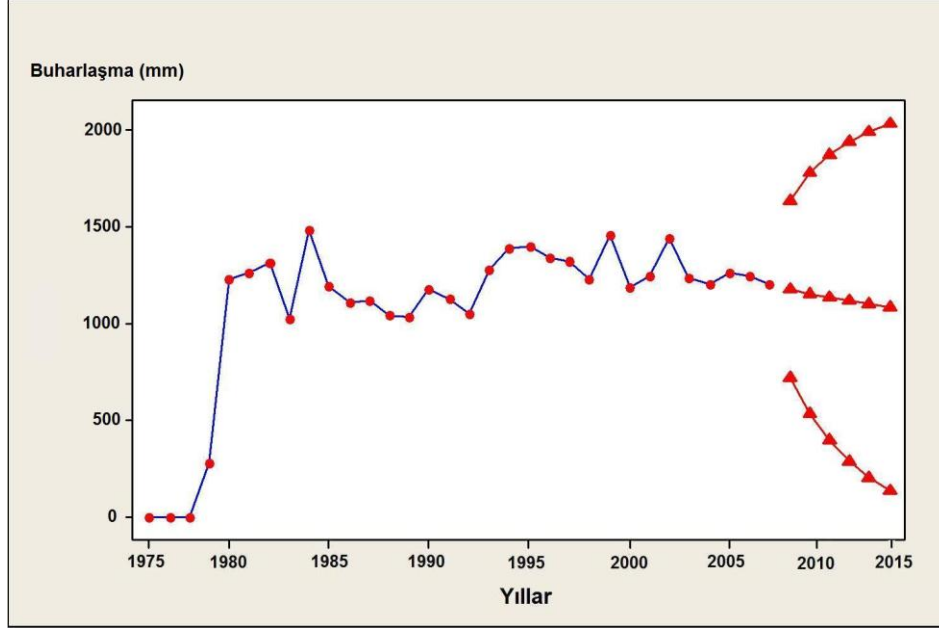
Şekil 7. Buharlaştırmanın otokorelasyonu
(Figure 7. Autocorrelasyonu of evaporation)



Şekil 8: Buharlaştırmanın kısmi otokorelasyonu.
(Figure 8. Partial autocorrelation of the evaporation)

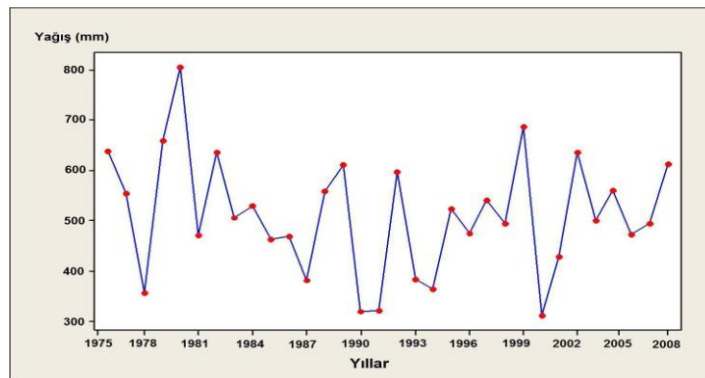
Isparta'da sıcaklıktaki azalma eğilimin teorikte buharlaşma miktarındaki azalmayı beraberinde getirmesi beklenir. Yapılan

analizler sonucu normal eğilim tahminine göre buharlaşma miktarında sıcaklıkta olduğu gibi azalmanın olmasını öngörmektedir. Buharlaşma miktarında 2010'dan 2015 yılına kadar 1175 mm'den 1081 mm'ye kadar azalacağını, en düşük uç limitlerin ise daha fazla hissedileceğini öngörmektedir. Buharlaşma miktarındaki azalma ile sıcaklıktaki azalma eğilimi arasında pozitif yönde anlamlı bir ilişki çıkmıştır. Özellikle sıcaklıktaki 0, 2°C'lik azalma teorikte beklendiği gibi buharlaşma miktarındaki (94 mm) azalmayı da beraberinde getirecektir (Şekil 9 - Tablo 1).

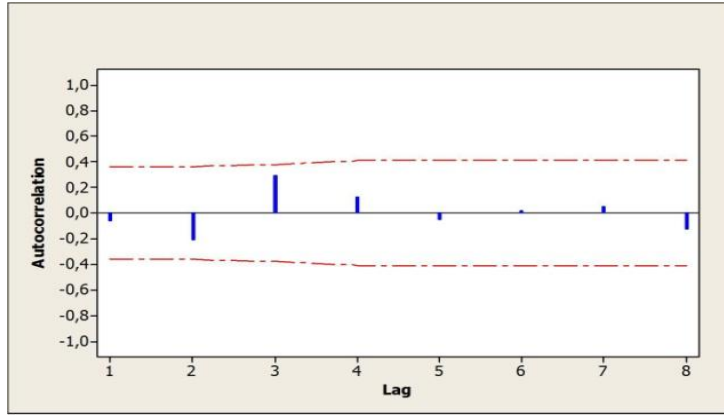


Şekil 9. Isparta'da buharlaşma eğilim analizleri (2009-2015).
(Figure 9. Vaporization trends analysis for Isparta (2009-2015)).

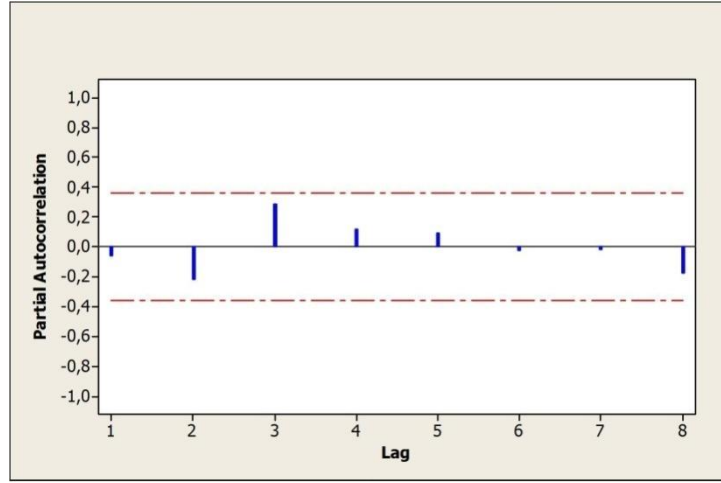
Üçüncü iklim elemanı olan yağış içinde ARIMA veya Box-Jenkins tekniğinin içerdiği analizler ve aşamalar uygulanmıştır. Öncelikle yağış serilerinin (Şekil 10) analize uygun hale gelmesi için durağan seri haline dönüştürülmesi işlemi gerçekleştirilmiş, daha sonra ise otokorelasyon (Şekil 11) ve kısmi otokorelasyon (Şekil 12) analizleri uygulanmıştır. Bu sayede yağış değişkenliğinin güvenilirliği ve aralığı belirlenmiştir. Yağış için yapılan korelasyon analizleri ve güvenilirlik testlerinin limitleri hiçbir devrede aşmadığı, her devrede limitlerin arasında kaldığı, bazı dönemlerde verilerdeki dalgalanmanın genliğine bağlı olarak sınır değerlere yaklaştığı görülmüştür (Şekil 10, 11 ve 12).



Şekil 10. Yağış serisi
(Figure 10. Precipitation tendency)



Şekil 11. Yağışın oto korelasyonu
(Figure 11. Precipitation autocorrelation)

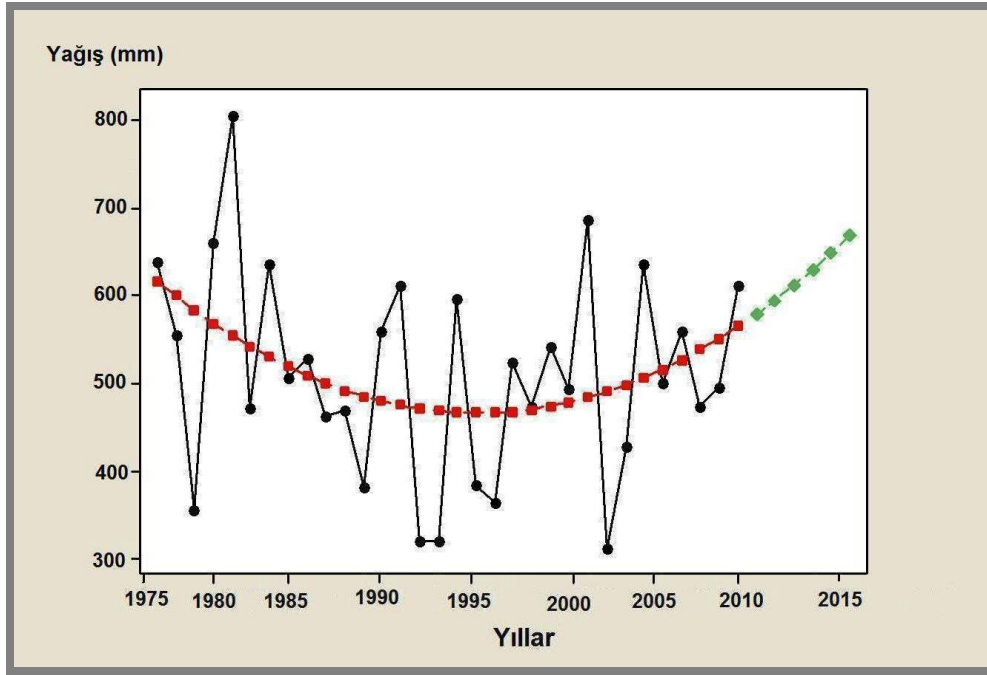


Şekil 12. Yağışın kısmi otokorelasyonu.
(Figure 12. Partial autocorrelation of the precipitation)

Isparta'da yağış eğilim analizlerine göre sıcaklıktaki azalma buharlaşmadaki azalmayı beraberinde getirmiş, özellikle 2010'dan 2015 yılına kadar olan dönemde daha nemli bir iklimin yaşanacağı sonucuna varılmıştı. Yağıştaki değişim eğiliminin analizine göre ise 2010 yılından 2015 yılına kadar dönemde yağışta yaklaşık olarak 80 mm'lik bir artış öngörülmektedir. Bu değer ilk bakışta oldukça yüksek görünse de yağıştaki artış eğilimi geçmiş yıllardaki ölçümlerle ilişkilendirildiğinde beklenen bir sonuç olmaktadır. Ancak yağış serisinin uzun yıllık dönemdeki eğilimi incelendiğinde özellikle 1970'lerdeki 800 mm'lik yağışlı devrelerin olması, yağışın uzun yıllık olarak 600 mm'nin altına bazı yıllar dışında düşmemesi, 1980'li yıllarda yağışın ağırlıklı merkezinin 700 mm civarında olması öngörünün gerçekleşebilirliğini desteklemektedir. O halde Isparta'da tekrar nemli bir döneme girileceği hem sıcaklık ve buharlamadaki azalma hem de yağıştaki artma ile birbirleri desteklemekte, aralarında pozitif yönde anlamlı korelasyon oluşturmaktadır (Şekil 13 - Çizelge 1).

Tablo 1. Isparta'da eğilim tahminleri
(Table 1. The trends forecast for Isparta)

%95 Limits			
Period	Sıcaklık	Buharlaştırma	Yağış
2010	12,4064	1175,66	579,877
2011	12,3780	1153,85	595,699
2012	12,3521	1133,62	612,551
2013	12,3283	1114,85	630,433
2014	12,3066	1097,43	649,346
2015	12,2867	1081,26	659,288



Şekil 13. Isparta'da yağışın eğilim analizi (2009-2015).
(Figure 13. Precipitation trends analysis for Isparta (2009-2015)).

5. TARTIŞMA (DISCUSSION)

Günümüz dünyasının ortaya çıkartacağı sonuçlar itibariyle küresel iklim değişimleri en popüler konular arasındaki yerini korumaktadır. Küresel iklim değişikliklerinin görülen etkilerinin yanı sıra gelecekteki olası etkilerini belirlemeye yönelik veri analizine dayalı senaryolar boyutu her geçen gün ön plana çıkmaktadır. Geleceğe yönelik iklimdeki eğilimleri belirlemek için değişik yöntem ve teknikler kullanılmakta olup, genel anlamda birbirlerine yakın değerler vermektedir. Ancak, lokal alanlara uygulandıklarında genel eğilimden farklılıkların ortaya çıktığı görülmektedir.

20. yüzyılda gözlenen ısınmanın, iklim sistemindeki doğal değişebilirliğin bir parçası ya da insan kaynaklı ısınmaya zorlamaya bir yanıt olup olmadığı sorusunun yanıtı, ilgili zaman ölçekleri üzerinde iklimsel değişebilirliğin boyutlarına ilişkin bilgiler kullanılarak verilebilir. Kuzey Yarımküre'nin yaz mevsimi ortalamaları dikkate alındığında, geçtiğimiz son 20-30 yıl en azından 1400 yılından günümüze kadarki dönemde karşılaşılan en sıcak yıllar olarak gözükmektedir (IPCC,2001). Dünyanın çeşitli yerlerinden alınan derin buz örneklerinden derlenen veriler, 20.yüzyıldaki ısınmanın en azından son 600 yıllık dönemin herhangi bir yüzyılında oluşan ısınma kadar olduğunu ortaya koymaktadır.

Yağışlar, genel olarak Kuzey Yarımküre'nin yüksek enlemlerindeki kara alanlarında, özellikle de soğuk mevsimde bir artış göstermiştir. Buna karşılık, 1960'lı yıllardan sonra Afrika'dan Endonezya'ya uzanan

subtropikal ve tropikal kuşaklar üzerindeki yağışlarda ani bir azalma gözlenmiştir. Bu değişiklikler, akarsularda, göl seviyelerinde ve toprak neminde de gözlemlendi (Türkeş vd., 2000:4-5).

Subtropikal kuşakta ve özellikle Afrika'nın Sahel bölgesinde 1960'lı yıllarda başlayan şiddetli kuraklıklar, on binlerce insanın göç etmesine ve milyonlarca hayvanın ölümüne neden oldu. Subtropikal kuşak yağışlarındaki ani azalma, 1970'li yıllarla birlikte Doğu Akdeniz Havzası'nda ve Türkiye'de de etkili olmaya başladı. Yağışlardaki önemli azalma eğilimleri ve kuraklık olayları, kış mevsiminde daha belirgin olarak ortaya çıkmıştır. 1970'li yılların başı ile 1990'lı yılların ortası arasındaki yaklaşık 20-25 yıldaki kurak koşullardan en fazla, Ege, Akdeniz, Marmara ve Güneydoğu Anadolu bölgeleri etkilenmiştir. Kuraklık olaylarının en şiddetli ve geniş yayılışlı olanları, 1973, 1977, 1989 ve 1990 yıllarında oluşmuştur (Türkeş, 2002:3-4). Genel olarak Doğu Akdeniz Havzası'nın ve Türkiye'nin yıllık ve özellikle kış yağışlarında, 1970'li yılların başı ile 1990'lı yılların ortası arasında gözlenen önemli azalma eğilimleri, bu bölgede etkili olan cephesel orta enlem ve Akdeniz alçak basınçlarının sıklıklarında özellikle kış mevsiminde gözlenen azalma ile yer ve üst atmosfer seviyelerindeki yüksek basınç koşullarında gözlenen artışlarla bağlantılı olabilir (Türkeş, vd., 2000:4-5). Öte yandan, özellikle karasal yağış rejimine sahip bazı istasyonların ilkbahar ve yaz yağışlarında, yazın daha belirgin olmak üzere, bir artış eğilimi gözlenmiştir.

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 $0.2^{\circ}\text{C}/10$ yıl oranında bir artış olacağını öngörmektedir. Bu oran, sera gazı salımları ve aerosoller 2000 yılı düzeylerinde durdurulsa dahi, $0.1^{\circ}\text{C}/10$ yıl olacağı tahmin edilmektedir. 2090-2099 dönemi ortalama yüzey sıcaklığının, 1980-1999 dönemi ortalamasına göre en iyimser senaryoda (B1) ortalama 1.8°C ($1.1^{\circ}\text{C} - 2.9^{\circ}\text{C}$) ve en kötümser senaryoda (A1FI) ortalama 4.0°C ($2.4^{\circ}\text{C} - 6.4^{\circ}\text{C}$) artacağı beklenmektedir. Yağışlarda, A1B senaryosuna göre yüksek enlemlerde azalma ve subtropikal karaların büyük bölümünde ise artış (2100 yılında %20 oranında) öngörülmektedir (Demir, vd., 2008:3-4).

Isparta, ülkemizin de genel anlamda içinde bulunduğu subtropikal kuşakta yer almaktadır. Isparta için yapılan ARIMA analizlerine göre sıcaklıktaki azalmayı ($0,2^{\circ}\text{C}$), buharlaşmadaki azalma da (94 mm) desteklemektedir. Buna karşılık yağıştaki artış eğilimi 80 mm civarında olacağı öngörülmektedir. Dünya üzerindeki iklim değişimleri yerel ölçekte farklı fiziki coğrafya şartlarına bağlı olarak farklılıkların ortaya çıkmasına yol açmaktadır. Bu konuya Isparta güzel bir örnek oluşturacak şekilde örneklem olarak seçilmiştir. Isparta, Akdeniz ve Karasal iklimin etkili olduğu ve her iki iklim tipinin bozulmuş halini oluşturan, geçiş özelliği gösteren bozulmuş Akdeniz iklimi olarak ifade edilebilecek bir iklimin etki sahasında yer almaktadır. ARIMA modeline göre sıcaklığın azalması ve yağışın artması beraber düşünüldüğünde birbirlerini tamamladıkları görülür. Isparta'da göl alanlarının geniş yer kaplaması ve yükseltinin fazla olması sıcaklığın kısa zaman diliminde aşırı yükselmesini engellemektedir. Özellikle yapılan analizlere göre yağış miktarında karasal yağış rejiminde kış ve ilkbahar yağışlarında artış olacağı, ayrıca subtropikal karaların büyük bölümünde beklenen %20'lik artış ile örtüşmektedir. Yine yaz yağışlarındaki artışın, yazların daha serin geçmesine yol açacağı düşünüldüğünde, yaz sıcaklıklarının da daha düşük olacağı sonucuna ulaşılır. Bu durumda ise sıcaklık ortalamalarındaki azalmanın olması beklenen bir durumdur. Yaz

devresinde gerçekleşen aşırı buharlaşma gerek sıcaklıkların düşmesi, gerekse yağışın artmasına bağlı olarak azalma göstermesi olağan bir durumdur. Böylece yapılan analizlerin neticesinde Isparta'da gelecek 5 yıl boyunca daha nemli bir döneme girileceği, yağış serilerinde artışın olacağı, sıcaklık ve buharlaşmadaki azalmayla birlikte yöre küresel ısınma senaryolarından 5 yıllık dönemde olumsuz anlamda etkilenmeyeceği sonucuna varılmıştır.

6. SONUÇ (CONCLUSION)

Bu çalışmada, Isparta'ya ait sentetik iklim serilerinden, sıcaklık, yağış ve buharlaşma ARIMA (Box-Jenkins) modeli kullanılarak eğilim analizleri gerçekleştirilmiştir.

Yapılan analizlerde sıcaklık, yağış ve buharlaşmadaki değişim eğilimleri arasında pozitif yönde anlamlı ilişkiler tespit edilmiştir. Sıcaklıkta 0,2°C'lik azalma, beraberinde de yaklaşık olarak buharlaşmada 94 mm'lik azalmayı getireceği, buna karşılık yağış miktarında ise 80 mm'lik bir artış olacağı sonucuna varılmıştır.

ARIMA modeli ile yapılan analizler sonucunda özellikle Hükümetler Arası İklim Değişikliği Raporu öngörülleri ile örtüştüğü, subtropikal karaların yaklaşık %20 daha fazla yağış alması öngörüsünün yakalandığı, ayrıca yaz ve ilkbahar yağışlarındaki artışın sıcaklıkların düşmesine, daha serin yazların yaşanmasına imkan sağlayacağı teorisi ile de çakışmaktadır.

Sonuçta, Isparta'da gelecek 5 yılda iklimde daha nemli bir döneme girileceği, yörenin küresel ısınma senaryolarından fazla etkilenmeyeceği, kuraklığın etkili olmayacağı sonucuna ulaşılmıştır. Özellikle 2010 yılının ilk iki ayındaki yağış miktarlarındaki artış öngörünün gerçekleşme olasılığına ışık tutar niteliktedir.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

1. Box, G.E.P. and Jenkins, G.M., (1970). Time Series Analysis, Forecasting and Control. San Fransisco: Holden-Day.
2. Box, G.E.P. ve Jenkins, G.M., (1976). Time Series Analysis Forecasting and Control. Holden Day.
3. Darkot, B. ve Tuncel, M., (1995). Ege Bölgesi Coğrafyası, (3.Baskı). İstanbul: İstanbul Üniv. Coğr. Enst. Yay. No: 99.
4. Demir, İ. Kılıç, G. Coşkun, M. Ve Sümer, U.M., (2008). Türkiye'de Maksimum, Minimum ve Ortalama Hava Sıcaklıkları İle Yağış Dizilerinde Gözlenen Değişiklikler Ve Eğilimler. TMMOB İklim Değişimi Sempozyumu, İstanbul. Bildiriler Kitabı, ss:69-84.
5. Hamzaçebi, C. ve Kutay, F., (2004). Yapay Sinir Ağları ile Türkiye Elektrik Enerjisi Tüketiminin 2010 Yılına Kadar Tahmini. Gazi Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi: Sayı:19, ss:227-233.
6. IPCC., (2001). Climate Change. The Scientific Basic - Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge: Cambridge University Press.
7. Kadioğlu, M., (1997). Trends in Surface Air Temperature Data Over Turkey. International Journal of Climatology: Sayı:17, ss:511-520.
8. Koçman, A., (1993). Ege Ovalarının İklimi. İzmir. Ege Üniv. Ede. Fak. Yay. No:73.
9. Öztürk, K., (2002). Küresel İklim Değişikliği ve Türkiye'ye Olası Etkileri Gazi Üni. Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi: Cilt 22, Sayı:I, ss:47-65.
10. Tayanç, M., Karaca, M. ve 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: Sayı:102, ss:1909-1919.
11. Topçuoğlu, K., Pamuk, G. ve Özgürel, M., (2005). Gediz Havzası Yağışlarının Stokastik Modellemesi, Ege Üniv. Ziraat. Fak. Dergisi: Sayı: 42, ss:89-97.
 12. Türkeş, M., (1996). Spatial and Temporal Analysis of Annual Rainfall Variations in Turkey. Int. Journal Climatology: Sayı: 16, ss:1057-1076.
 13. Türkeş, M., Sümer, U.M. ve Kılıç G., (1996). Observed Changes in Maximum and Minimum Temperatures in Turkey. International Journal of Climatology: Sayı:16, ss:463-477.
 14. Türkeş, M., Sümer, U.M. ve Çetiner, G., (2000). Küresel iklim değişikliği ve olası etkileri', Çevre Bakanlığı, Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi Seminer Notları, Ankara. ss:7-24.
 15. Türkeş, M., (2002). İklim Değişikliği: Türkiye-İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi İlişkileri ve İklim Değişikliği Politikaları. Vizyon 2023: Bilim ve Teknoloji Stratejileri Teknoloji Öngörü Projesi, Çevre ve Sürdürülebilir Kalkınma Paneli Vizyon ve Öngörü Raporu.
 16. Türkiye İklim Değişikliği Birinci Ulusal Bildirimi, (2007). (www.meteor.gov.tr).