

Citation: Şevgin, F., "Gaziantep iline ait bazı meteorolojik değişkenlerin trend analizi". Journal of Engineering Technology and Applied Sciences 10 (1) 2025 : 29-43.

GAZİANTEP İLINE AİT BAZI METEOROLOJİK DEĞİŞKENLERİN TREND ANALİZİ

Fatih Şevgin 

Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, Muş Alparslan Üniversitesi, Muş, Türkiye
f.sevgin@alparslan.edu.tr

Özet

İklim değişikliğinin etkileri, meteorolojik değişkenler üzerinde daha belirgin bir şekilde hissedilmektedir. Bölgesel ve havza bazlı iklim değişiklikleri, zamanla daha belirgin hale gelmiştir. Bazı bölgelerde yağış miktarında geçmiş yıllara kıyasla artış gözlemlenirken, diğer bölgelerde ise azalma tespit edilmiştir. Örneğin 2023 yılında Karadeniz Bölgesi'ndeki yağışlarda artış gözlemlenirken Ege Bölgesi'ndeki yağışlarda ise azalma gerçekleşmiştir. Bu çalışmada, belirli iklim parametrelerinin yıllara göre eğilimleri İstatistik ve Tekil Spektrum Analizi (TSA) yöntemleri kullanılarak incelenmiş ve bu parametrelerin (nem, sıcaklık, yağış, güneşlenme süresi ve rüzgâr hızı) buharlaşma üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Buharlaşmayı tetikleyen en önemli faktörlerden biri, küresel ısınmadır. Hava sıcaklıklarındaki kademeli artışlar, buharlaşma oranını da artırmaktadır. Özellikle son yıllarda yoğun kentleşme ile birlikte tarım ve orman arazilerinin azalması, yol ve kaldırım alanlarının artması, bu artışların başlıca nedenleri arasında yer almaktadır. Betonarme yapıların bulunmadığı alanlarda su, toprak veya bitkiler tarafından tutulabilmektedir. Literatürde buharlaşma hesabı için çeşitli istatistiksel ve kara kutu yöntemleri mevcuttur. Bu çalışmada, Türkiye'de buharlaşmanın en yoğun olduğu illerden biri olan Gaziantep seçilmiştir. Çalışmada, Gaziantep ilinde 17261 nolu istasyonda 2002-2022 yılları arasında kaydedilen aylık ortalama nem, sıcaklık, buharlaşma, yağış, güneşlenme süresi ve rüzgar hızı verilerinin trend analizleri lineer regresyon, Mann-Kendall testi, Sen'in eğim testi ve TSA yöntemleri kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Veriler eksiksiz olarak Muş Meteoroloji İl Müdürlüğü'nden temin edilmiştir. Analiz sonuçlarına göre bulunan korelasyon değerlerinde buharlaşma ile güneşlenme süresi arasında 0,579 ve buharlaşma ile rüzgâr hızı arasında ise -0,129 değeri bulunmuştur. Bu çalışma sonucunda, Gaziantep ilinde iklim değişikliğinin belirgin bir şekilde hissedildiğini ve bu değişimin incelenen meteorolojik değişkenler üzerinde homojen bir etki yaratmadığı elde edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Regresyon Analizi, Mann-Kendall testi, Sen yöntemi, buharlaşma, TSA

TREND ANALYSIS OF SOME METEOROLOGICAL VARIABLES IN GAZİANTEP PROVINCE

Abstract

The effects of climate change are felt more clearly on meteorological variables. Regional and basin-based climate changes have become more pronounced over time. While an increase in precipitation was observed in some regions compared to previous years, a decrease was detected in other regions. For example, while an increase in precipitation in the Black Sea Region is observed in 2023, the decrease in precipitation in the Aegean Region decreases. In this study, the trends of certain climate parameters over the years were examined using Statistical and Single Spectrum Analysis (TSA) methods, and the effects of these parameters (humidity, temperature, precipitation sunshine duration and wind speed) on evaporation were investigated. One of the most important factors triggering evaporation is global warming. Gradual increases in air temperatures also increase the evaporation rate. Especially in recent years, the decrease in agricultural and forest lands and the increase in road and pavement areas due to intense urbanization are among the main reasons for these increases. In areas where there are no reinforced concrete structures, water can be retained by soil or plants. There are various statistical and black box methods in the literature for evaporation calculation. In this study, Gaziantep, one of the provinces with the highest evaporation intensity in Türkiye, was selected. In the study, trend analyses of monthly average humidity, temperature, evaporation, precipitation, sunshine duration, and wind speed data recorded between 2002 and 2022 at station number 17261 in Gaziantep province were carried out using linear regression, Mann-Kendall test, Sen's slope test, and TSA methods. The complete data was obtained from Muş Provincial Directorate of Meteorology. According to the analysis results, the correlation values between evaporation and sunshine duration were found to be 0.579, and between evaporation and wind speed was found to be -0.129. As a result of this study, it was obtained that climate change was felt significantly in Gaziantep province and this change did not create a homogeneous effect on the meteorological variables examined.

Keywords: Regression Analysis, Mann-Kendall test, Sen method, evaporation, TSA

1. Giriş

Küresel ısınmaya bağlı olarak gelişen ve ilerleyen kuraklık, çölleşme, buzul erimesi, şiddetli yağmurlar ve orman yangınları hayatımız üzerinde ciddi bir baskı kurmaya devam ediyor. Özellikle meteorolojik değişkenlerin yıllara göre trendlerinde önemli derecede değişiklikler gözlenmiştir. Bu çalışmada iklim elemanlarının değişen trendlerini belirlemek ve bunlarla buharlaşma arasındaki korelasyonu bulmak amaçlanmıştır. Buharlaşma su kaybı yönünden önlem alınması gereken en önemli konulardan biridir. Buharlaşma hidrolojik çevrimin önemli damarlarından biridir. Bu durum yeryüzünde değişik şartlarda bulunan suyun rüzgâr veya sıcaklık yardımıyla atmosfere dönüşü şeklinde gerçekleşir. Su buharının kaynağı olarak göller, dereler, denizler, okyanuslar, nemli topraklar, karla kaplı yüzeyler, bitki örtüsü ve suyu bünyesinde bulunduran her yüzey, su buharının mabtidir. Buharlaşma bazı durumlarda artan bazı durumlarda azalan meteorolojik bir olaydır. Son yıllarda özellikle küresel ısınmanın artması, buharlaşmayı da dünya genelinde arttırmıştır. Ayrıca iklim değişikliğinin birçok bölge ve havzada hissedilmeye başlamasıyla beraber diğer meteorolojik değişkenlerde bundan etkilenmiştir. Toprakta, açık su yüzeylerinden, sığ zemin suyundan ve bitkilerden terleme ile gerçekleşen buharlaşma kara yüzeylerinde meydana gelen buharlaşma olarak adlandırılır. Diğer

şekilde derelerde, göllerde, denizlerde ve okyanuslarda meydana gelen buharlaşmada su yüzeylerinde meydana gelen buharlaşma olarak adlandırılır. Buharlaşma hızı yüzey durumuna ve o andaki diğer iklim koşullarına göre değişkenlik gösterebilir. Kentleşmenin olduğu bir ortamdaki buharlaşma ile doğa örtüsünün olduğu bir ortamdaki buharlaşma birbirinden farklıdır. Bitki türü ve özellikleri de bu durumu yönlendiren ayrı bir etmendir. Ayrıca yağışların azalmasında bitki örtüsü türünün ciddi bir etkisi vardır [1]. En basit tabiriyle aslında sıcaklığın artmasıyla buharlaşma artarken sıcaklığın azalmasıyla buharlaşma da azalmaktadır. Lakin buharlaşmayı sadece sıcaklığa endekslememek gerekir. Bunun yanında nem, yağış, güneşlenme süresi ve rüzgâr hızı gibi bazı meteorolojik değişkenlerde buharlaşma konusunda söz hakkına sahiptir. Wang ve ark. (2014) Mann-Kendall ve Sen eğim yöntemini Çin'in Hetao sulama bölgesindeki iklim değişkenlerini tespit etmek için kullanmışlardır. Buna göre rüzgâr ve nem hızında azalma görülürken, buharlaşma ve sıcaklıkta ise artma trendi olduğunu belirtmişlerdir [2]. Xu ve ark. (2006) Penman Monteith yöntemi kullanarak Yangtze nehir havzasına ait buharlaşma verilerinin trend analizini gerçekleştirmişlerdir ve havzanın neredeyse tamamında buharlaşmada önemli bir azalma olduğunu belirtmişlerdir [3]. Kramer ve ark. (2015) de yaptıkları çalışmada 20. yüzyıl boyunca Amerika'nın doğusunda buharlaşma için artış trendi olduğunu tespit etmişlerdir [4].

Wang ve diğ. (2017), YSA, MLR, ANFIS-GP ve bulanık-genetik (FG) modellerini kullanarak aylık buharlaşma tahmininde bulunmuşlardır. Dört model arasında yapılan değerlendirmeye göre ANFIS-GP modelinin tahmin sonuçlarının diğer modellere nazaran daha başarılı olduğunu açıklamışlardır [5].

Gocic ve Trajkovic (2013) Mann- Kendall testini kullanarak Sırbistan'a ait meteorolojik verilerin yıllık ve mevsimlik olarak gidiş analizini elde etmişlerdir. Ayrıca Sen gidiş eğim yöntemiyle de gidiş eğimlerini belirlemişlerdir [6].

Kosif (1999), Yeşilirmak havzasındaki iklim değişiminin etkilerini belirlemek amacıyla çeşitli analizler yapmıştır. Trend analizinde Mann Kendall mertbe korelasyon istatistiği ve homojenlik testinde ise Run (Swet- Eisenhart) testini kullanmıştır. Bunun için 1930-1997 yılları arasındaki iklim değişkenlerinden faydalanmış ve ortalama sıcaklıklarda azalma, ortalama akımlarda artma, toplam buharlaşmada azalma, ortalama akımlarda artma ve ortalama güneşlenme süresinde azalma olduğunu belirlemiştir [7].

Kaya (2016) Buharlaşma tahmini için MLR ve ANFIS yöntemini kullanmıştır. ABD'ye ait Florida eyaletindeki istasyondan alınan verilerle yapılan çalışmada, MLR, ANFIS ve amprik denklemlere ait ortalama karesel hata (OKH), ortalama mutlak hata (OMH) ve determinasyon katsayısı (R) ve istatistikleri kullanılmıştır. Buna göre ANFIS yöntemine ait sonuçların diğer iki yöneme göre daha başarılı olduğunu belirtmiştir [8].

Jhajharia ve ark. (2008)' de Hindistan'da bulunan 11 istasyondan alınan veriler yardımıyla, Mann-Kendall Sıra Korelasyon testini pan buharlaşmasındaki gidişi tespit etmek amacıyla uygulamışlardır. Buna göre pan buharlaşması ve yağış arasındaki ilişki incelendiğinde neredeyse tüm istasyonlarda pan buharlaşmasında azalma gözlenirken yağışta ise artış gözlemlenmiştir [9].

Aydın (2009)'da Akdeniz Bölgesi'nde 1975-2006 yılları arasında pan buharlaşma verilerine Mann-Kendall sıra korelasyon testi uygulamış ve nisan-ekim ayları boyunca buharlaşmada önemsiz artışlar belirlemiştir [10].

Falamarzi ve diğ. (2014) Günlük buharlaşma tahmini için YSA ve dalgacık YSA yöntemini kullanmışlardır. Rüzgâr hızı ve sıcaklık modellere girdi olarak kullanılmıştır. Sonuçlar iki modelin de buharlaşmayı tahmin etmede başarılı bir şekilde kullanılabileceğini göstermiştir [11].

Gao ve ark. (2007)'de Mann-Kendall trend testi ile doğrusal regresyon analizini yıllık gerçek buharlaşma değerleri tahmin etmek için kullanmışlardır. Kuzeydoğu Çin'in kuzey ve batı bölümlerinde artma eğilimi varken, 1000 Doğu boylamındaki çoğu yerlerde azalma eğilimini olduğunu tespit etmişlerdir [12].

Kızılelma (2015), Lineer Regresyon Analizi yöntemi, Mann-Kendall ve Sen'in eğitim testleri ile Anadolu'da bulunan meteoroloji istasyonlarının aylık, mevsimlik ve yıllık ortalama ve aşırı sıcaklık eğilimleri ile yağışları incelemiştir. Buna göre, en düşük ve en yüksek sıcaklık trendlerinin istatistiksel olarak arttığı belirlenmiştir [13].

Partal ve Kahya (2006) Mann-Kendall metodu ve Sen testi ile Türkiye'ye ait 96 noktadaki yağış verilerini kullanarak aylık yağış ve yıllık ortalama miktarlarında meydana gelen trendleri incelemiştir [14].

Rajabi (2015) İran'ın batısındaki buharlaşma için Mann Kendall ve Sperman Rho testlerini kullanmış ve trend analizlerinin sonucunda artma eğiliminin tüm istasyonlarda etkili olduğunu belirtmiştir [15].

Gümüş ve diğ. (2016), ANFIS, YSA ve GEP yöntemlerini kullanarak aylık ortalama buharlaşma tahmini yapmaya çalışmışlardır. Çalışmada Adana iline ait aylık ortalama buharlaşma tahmini için rüzgâr hızı, aylık ortalama sıcaklık, nem, basınç, güneşlenme süresi ve güneşlenme süresi iklim verileri kullanılmıştır. Buna göre her üç modelin buharlaşma tahmininde kullanılabileceği fakat en iyi performansa sahip modelin ise ANFIS metodu olduğunu belirtmişlerdir [16].

Bruton ve diğ. (2000)'de Günlük yağış, güneş radyasyonu, sıcaklık, rüzgâr hızı ve nem değerlerini günlük tava buharlaşmasını tespit etmek için girdi olarak kullanmış ve yapay sinir ağı modeli oluşturmuşlardır. Ayrıca Priestley- Taylor ve Çoklu lineer regresyon yöntemlerini de kullanarak günlük tava buharlaşması için tahminde bulunmuşlardır. Modeller arasında yapılan karşılaştırmalara bakarak YSA modelinin diğer iki modele göre daha başarılı tahminleme yaptığını belirtmişlerdir [17].

Karpouzoz ve ark. (2010) Sen ve Mann- Kendall gidiş eğim testleri yardımıyla, Yunanistan'da bulunan Pieria bölgesinin 1974-2007 yıllarına ait yağış verilerinin analizini yapmışlardır. Çalışmaya göre özellikle bahar aylarında yağışlarda ciddi bir düşüş gözlenmiştir [18].

Dalkılıç (2019)'da Sen, Mann-Kendall, Spearman's Rho ve Mevsimsel Mann-Kendall yöntemlerini Bayburt, Erzincan, Gümüşhane illerinin yağış verilerine trend analizi yapmak için kullanmıştır. Buna göre bu üç ilde yıl genelinde yağışlarda ciddi bir azalma ve artma trendi gözlenmemiştir. Lakin Bayburt ilinde Ağustos ayında, Gümüşhane ve Erzincan illerinde ise Temmuz ayında yağışlarda azalan bir trend gözlemlenmiştir [19].

Akbaş ve diğ. (2023)'de Yenilikçi Şen, Mann Kendall ve Spearman Rho yöntemlerini kullanarak Batman ilinin 1963-2021 yılları arasındaki buharlaşma, yağış, nem ve sıcaklık değişkenlerinin trend analizlerini yapmışlardır. Çalışmada buharlaşma ve sıcaklık

değişkeninde artan yönde trend gözlemlenirken nem ve yağış değişkenlerinde azalan yönde trende rastlamışlardır [20].

Yılmaz (2023)'de Aylık buharlaşma tahmini için Yapay Arı Kolonisi algoritmasını kullanmıştır. Anamur meteoroloji istasyonundan alınan verilerin (nem, toprak sıcaklığı, rüzgâr hızı, sıcaklık, yağış ve buharlaşma) analizleri yapılarak performans metrikleri (R^2 , NSE, MSE ve PBIAS) tahmin edilmiştir. Bulunan sonuçlara göre modelin buharlaşma tahminlerinde başarılı sonuçlar verdiği belirtilmiştir [21].

Has ve Güler (2024)'de Derin öğrenme yöntemleri ile iklim verilerinin tahmininde bulunmuşlardır. Çalışmada Bolu iline ait 1960-2020 yılları arasındaki nem, yağış, sıcaklık ve güneşlenme süreleri kullanılarak yine bu değişkenlerin 2020-2036 arasındaki değerleri tahmin edilmiştir [22].

Yukarıdaki çalışmalara bakıldığında meteorolojik değişkenlerinin tahmini için birden fazla istatistik ve karakutu modelin kullanıldığı görülmektedir. Bu çalışmada Gaziantep iline ait meteorolojik değişkenlerden olan nem, sıcaklık, buharlaşma, yağış, güneşlenme süresi ve rüzgâr hızının iklim değişikliğinden nasıl etkilendiğini bulmak amaçlanmıştır. Ayrıca değişkenlerin buharlaşma üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Muş Meteoroloji İl Müdürlüğü'nden alınan ve 17261 nolu istasyondan 2002-2022 yılları arasında kaydedilen veriler istatistiksel analizlere tabi tutulmuştur. Çalışmada çok değişkenli lineer regresyon, Mann-Kendall testi, Sen'in gidiş eğim metodu kullanılmıştır.

Bu çalışma, Gaziantep bölgesindeki meteorolojik değişkenlerin iklim değişikliği etkilerini çok boyutlu analiz ederek nem, sıcaklık, buharlaşma, yağış, güneşlenme süresi ve rüzgâr hızı gibi faktörlerin buharlaşma üzerindeki etkilerini ayrıntılı bir şekilde incelemesi yönüyle literatüre önemli bir katkı sağlayacaktır. Meteorolojik değişkenlerin küresel ısınma karşısında verdiği reaksiyonlar ayrıca bu çalışmada incelenmiştir. Özellikle, buharlaşma dinamiklerinin iklimsel değişimlerle nasıl etkileşime girdiğini bölgesel ölçekte ortaya koyması, bu alandaki mevcut bilgi birikimini zenginleştirecek ve gelecekteki iklim modellemeleri için daha doğru ve kapsamlı tahminler yapılmasına olanak tanıyacaktır. Bu çalışmanın diğer çalışmalardan farkı, analizlerde kullanılan istatistik yöntemlere ek olarak Tekil spektrum analizinin (TSA) kullanılmasıdır". Bu bağlamda, çalışma, iklim değişikliğinin bölgesel düzeydeki etkilerini anlamaya yönelik literatürdeki boşlukları doldurma potansiyeline sahip olacaktır.

2. Yöntem

Bu çalışmada, iklim değişikliğinin meteorolojik değişkenler üzerindeki etkilerini analiz etmek için Lineer Regresyon, Mann-Kendall, Sen'in Gidiş Eğim ve Tekil Spektrum Analizi (TSA) yöntemleri kullanılmıştır. Çok değişkenli lineer regresyon, birden fazla bağımsız değişkenin bağımlı değişken üzerindeki etkisini anlamaya olanak tanıdığı için tercih edilmiştir. Bu yöntem, özellikle buharlaşma gibi karmaşık iklim elemanlarının farklı meteorolojik değişkenlerden nasıl etkilendiğini sayısal olarak belirlemede kritik bir rol oynar. Mann-Kendall testi, meteorolojik verilerin zaman içindeki eğilimlerini non-parametrik bir yaklaşımla tespit etmek için yaygın olarak kullanılan bir yöntemdir. Verilerin dağılımı hakkında ön varsayımlar gerektirmemesi ve eğilim analizlerinde güçlü sonuçlar vermesi nedeniyle seçilmiştir. Sen'in gidiş eğim metodu ise, belirlenen eğilimlerin yönünü ve büyüklüğünü objektif bir şekilde ölçmek için kullanılmıştır; bu, Mann-Kendall testinin sonuçlarını nicel olarak destekleyen önemli bir adımdır. Tekil Spektrum Analizi (TSA) ise, karmaşık zaman serilerinde temel bileşenleri ayırma ve bu bileşenlerin trendlerini tespit etmede etkili bir yöntemdir. TSA, özellikle lineer

olmayan ve karmaşık yapılar sergileyen meteorolojik verilerde altta yatan eğilimlerin ortaya çıkarılmasında büyük avantaj sağlamaktadır. Bu dört yöntemin bir arada kullanılması, çalışmada sunulan bulguların istatistiksel geçerliliğini artırmakta ve iklim değişikliğinin Gaziantep bölgesindeki meteorolojik değişkenler üzerindeki etkilerini daha kapsamlı ve güvenilir bir şekilde analiz etmeyi mümkün kılmaktadır [23-26].

2.1 Lineer regresyon analizi

Bir rastgele değişkenin değerini bir veya daha fazla sayıda rastgele değişkenlerin değerlerine bağlı olarak en iyi şekilde tahmin etmeye yarayan regresyon denkleminin belirlenmesine regresyon analizi denir. Lineer regresyonda, $y = a + bx$ şeklindeki regresyon denkleminde, b sabiti değişimin yönünü ve miktarını vermektedir. b 'nin pozitif olması artan bir değişimi, negatif olması azalan bir değişimi ifade eder. b 'nin sıfırdan çok farklı olmaması ise bir değişimin olmadığını gösterir. Lineer trendin anlamlılığı, Student t testi ile tespit edilir [23].

2.2 Mann-Kendall testi

Bu test yöntemi Non-parametrik analizler için kullanılan istatistik metotlardan biridir. Hidrolojik ve klimatolojik verilerdeki trendlerin tespit edilmesinde kullanılan yöntemlerin başında gelmektedir [24]. Bu testin kullanımı Dünya Meteoroloji Örgütü (WMO) tarafından da ayrıca önerilmiştir. Özellikle trend analizlerinin belirlenmesinde diğer yöntemlere göre performansının yüksek olduğu görülmüştür [25]. Bu yöntemde göre H_0 hipotezi trendin olmadığı varsayımına dayanır. Testin istatistiği;

$$S = \sum_{k=1}^{n-1} \sum_{j=k+1}^n \text{sgn}(x_j - x_k)$$

$$\text{Sgn}(x) = \begin{cases} +1, & x > 0 \\ 0, & x = 0 \\ -1, & x < 0 \end{cases} \quad (1)$$

şeklindedir. Burada x_j , x_k ve n sırası ile ve k yıllarında ölçülen değerleri, n ise tüm yılların toplam sayısını belirtmektedir.

$$\mu_s = 0 \text{ ve } \sigma_s = \sqrt{n(n-1)(2n+5)/18} \quad (2)$$

$$z = \begin{cases} \frac{(s-1)}{\sqrt{\text{var}(s)}} & s > 1 \\ 0 & s = 0 \\ \frac{(s+1)}{\sqrt{\text{var}(s)}} & s < 1 \end{cases} \quad (3)$$

2.3 Sen'in gidiş eğim yöntemi

1968 yılında Sen'in geliştirmiş olduğu parametrik olmayan bir yöntemdir. Eğer gidişte bir doğrusallık var ise asıl eğim için hatalı verilerden veya aykırı değerlerden etkilenmeyen, yetersiz değerlerin mevcut olduğu kayıtlara uygulanabilen parametrik olmayan bir metot kullanılabilir [26]. Formülde veri sayısı n olmak üzere önce j ve k zamanlarındaki veriler x_j ve x_k ise ($j > k$)

$$N = n(n-1)/2 \quad (4)$$

adet olmak üzere Q_i parametresi:

$$Qi = (x_j - x_k)/(j - k) \quad i = 1, \dots, N) \quad (5)$$

denklemleri ile hesaplanır. Bu denklem yardımı ile tüm Qi değerleri küçükten büyüğe doğru sıralanır. Bu yöntemle göre, hesaplanan N adet Qi değerlerinin medyanı söz konusu doğrusal gidişin eğimini verir. N sayısının tek olması halinde:

$$Q_{medyan} = Q_{(N+1)/2} \quad (6)$$

eşitliği, çift olması halinde ise,

$$Q_{medyan} = [Q_{(N/2)} + Q_{(N/2+1)}] \quad (7)$$

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

2.4 Tekil spektrum analizi (TSA)

2.4.1 Gömme

Varsayalım ki $\mathbf{x} = (x_1, \dots, x_N)$ uzunluğu N , olan bir zaman serisi olsun. Gömme adımında $\mathbf{x}$ zaman serisi, sütunları L gecikmeli vektörlerle oluşturulan bir matrise aşağıdaki gibi dönüştürülür;

$$\mathbf{X} = [X_1 : \dots : X_K] = \begin{pmatrix} x_1 & x_2 & x_3 & \dots & x_K \\ x_2 & x_3 & x_4 & \dots & x_{K+1} \\ x_3 & x_4 & x_5 & \dots & x_{K+2} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ x_L & x_{L+1} & x_{L+2} & \dots & x_N \end{pmatrix} \quad (8)$$

Eşitlik 8'de, zaman serisi $\mathbf{x}$, $L \times K$ boyutunda bir $\mathbf{X}$ matrisine dönüştürülür ve burada; $K = N - L + 1$ dir. Bu tür bir matrise ($\mathbf{X}$), yörünge (veya L -yörünge) matrisi denir [27, 28].

2.4.2 Tekil değer ayrışımı (TDA)

Şimdi de $\mathbf{X}$ yörünge matrisinin aşağıdaki gibi tanımlanmış tekil değer ayrışımını göz önüne alalım;

$$\mathbf{X} = \mathbf{U}\mathbf{\Sigma}\mathbf{V}^T \quad (9)$$

Burada, $\mathbf{X}: \mathbb{R}^K \rightarrow \mathbb{R}^L$ matrisi bir lineer dönüşüm, $\mathbf{U}$ matrisinin sütunları, $\{u_1, \dots, u_L\}$ ve $\mathbf{V}$ matrisinin sütunları, $\{v_1, \dots, v_L\}$ sırasıyla $\mathbb{R}^L$ ve $\mathbb{R}^K$ uzaylarının, TDA tarafından belirlenen birer ortonormal bazları ve üstelik $p = \min\{L, K\}$ olmak üzere $\sigma_1 \geq \sigma_2 \geq \dots \geq \sigma_p \geq 0$ bu vektörlere karşılık gelen öz-değerlerdir. Bu durumda $\mathbf{\Sigma}$, $L \times K$ boyutunda, $i = j$ ve $i \leq p$ olduğunda ij 'ninci girdisi σ_i ve diğer tüm değerleri 0 olan bir matristir [29]. Bu taktirde Eşitlik 9 aşağıdaki gibi yazılabilir;

$$\mathbf{X} = \sigma_1 u_1 v_1^T + \dots + \sigma_p u_p v_p^T = \mathbf{X}_1 + \dots + \mathbf{X}_p \quad (10)$$

Eşitlik 10'da yörünge matrisi X 'in, elementer matrisler olarak isimlendirilen $X_i = \sigma_i u_i v_i^T$ matrislerinin toplamı olarak ifade edilebileceğini gösterir. X 'in elementer matrislere ayrılması, TDE'nin en temel özelliğidir.

Zaman serisinin uzunluğundan dolayı yörünge matrisinin boyutu çok büyük olabilir. Klasik TDA algoritmaları, bu tür durumlarda bellek, hesaplama süresi ve güç kısıtlamaları ile karşılaşabilir. İlk birkaç elementer bileşenin trend ve periyodisite gibi anlamlı bilgiler içerdiği göz önüne alındığında, tam TDA hesaplaması gereksizdir. Bu çalışmada, tam TDA hesaplaması yerine, randomize TDA algoritması kullanılmıştır [30].

2.4.3 Ayrılabilirlik ve geri kazanım

TDE'nin temel amacı, giriş zaman serisi x veya yörünge matrisi X 'i aşağıdaki gibi farklı gruplara ayırabilmektir;

$$X = X_T + X_P + X_R \quad (11)$$

Eşitlik 11'de, X_T , X_P ve X_R sırasıyla trend, periodik ve rezidü bileşenleridir. Yörünge matrisi $\{X_T, X_P, X_R\}$ şeklinde gruplara ayrıldığında, bu kümenin her bir elemanı gömme adımındaki işlemin tersi olan, diagonal ortalama işlemi ile zaman serisine geri çevrilir. Bu geri kazanım işleminden sonra Eşitlik 11'den aşağıdaki gibi zaman serisine ayrılmış olur;

$$x = x^T + x^P + x^R \quad (12)$$

3. Bulgular ve tartışma

Gaziantep ili için aylık ortalama nem, sıcaklık, buharlaşma, yağış, güneşlenme süresi ve rüzgâr hızı verilerinin lineer regresyon analizleri yapılmıştır. Sonuçlar tablo 1' de verilmiştir. Nem, yağış ve rüzgâr hızı için negatif eğim gözlemlenirken sıcaklık, buharlaşma ve güneşlenme süresi için ise pozitif eğim gözlemlenmiştir. Yıllık rüzgâr hızında önemli bir değişim gözlenmektedir. Diğer yandan nem, buharlaşma, yağış ve güneşlenmedeki değişimler çok küçük miktarlardadır.

Tablo 1. Aylık veri Lineer regresyon sonuçları

	b	R²	t	Hipotez
Nem	-0,039	0,031	-2,863	Kabul
Sıcaklık	0,112	0,085	4,865	Kabul
Buharlaşma	0,03	0,015	1,547	Ret
Yağış	-,013	0,034	-2,575	Kabul
Güneşlenme süresi	0,004	0,011	1,581	Ret
Rüzgâr hızı	-8,091	0,199	-7,932	Kabul

Aylık verilere göre Man Kendall (MK) ve Sen (S) testinin sonuçları göre tablo 2,3 ve 4 de verilmiştir. Tablo 2 de nem değerleri için Nisan, Mayıs, Temmuz, Ağustos, Eylül, Ekim aylarında bir azalan trend olduğu açıkça görülmektedir. Sıcaklık değerlerine baktığımızda ise Şubat, Haziran, Ağustos, Aralık aylarında ise bir artış trendi gözlemlenmiştir. Öte yandan

Gaziantep ile aynı bölgede bulunan Batman ilinde 1963-2021 yılları arasında Yenilikçi Şen, Mann Kendall ve Spearman Rho yöntemlerini kullanan Akbaş ve diğ. [20] bu çalışmaya benzer bir şekilde buharlaşma ve sıcaklık değişkenlerinde artan bir trendin nem ve yağış değişkenlerinde ise azalan bir trendin olduğunu tespit etmişlerdir.

Tablo 2. Aylık nem ve sıcaklık değerleri için Man-Kendall ve Sen sonuçları

	NEM		SICAKLIK	
	MK	S	MK	S
	Z	Q(egim)	Z	Q(egim)
OCAK	-0,171	-0,300	0,177	0,045
ŞUBAT	-0,181	-0,423	0,408**	0,161
MART	-0,148	-0,342	-0,038	-0,020
NİSAN	-0,444**	-1,343	0,268	0,130
MAYIS	-0,543**	-1,192	0,272	0,084
HAZİRAN	-0,306	-0,800	0,136**	0,030
TEMMUZ	-0,475**	-0,982	0,342	0,062
AĞUSTOS	-0,358**	-1,115	0,255**	0,062
EYLÜL	-0,590**	-1,307	0,408	0,143
EKİM	-0,552**	-1,071	0,221	0,050
KASIM	-0,239	-0,556	0,216	0,081
ARALIK	0,076	0,126	0,317**	0,150
TOTAL	-0,486**	-10,108	0,578**	0,087

Öte yandan buharlaşma ve yağış trendleri ele alındığında Mayıs, Haziran, Temmuz, Ağustos, Eylül aylarında buharlaşma değerlendirmelerinde ise azalan bir trend gözlemlenmiştir. Yağış için ise herhangi bir trend gözlenmemiştir.

Tablo 3. Aylık buharlaşma ve yağış değerleri için Man-Kendall ve Sen sonuçları

	BUHARLAŞMA		YAĞIŞ	
	MK	S	MK	S
	Z	Q(egim)	Z	Q(egim)
OCAK			0,114	0,854
ŞUBAT	0,093	0,000	-0,238	-3,071
MART	0,257	0,000	0,143	1,666
NİSAN	0,257	2,745	-0,105	-1,182
MAYIS	-0,410**	-2,677	-0,114	-0,388
HAZİRAN	-0,406**	-2,881	0,127	0,118
TEMMUZ	-0,314**	-2,353	-0,235	0,000
AĞUSTOS	-0,324**	-2,308	-0,050	0,000
EYLÜL	-0,438**	-1,478	-0,141	-0,035
EKİM	-0,200	-0,839	-0,171	-0,821
KASIM	-0,011	0,000	-0,171	-1,158
ARALIK	0,278	0,000	0,114	0,945
TOTAL	-0,324**	0,727	-0,190	-0,356

Son olarak tablo 4'e baktığımızda rüzgâr hızı ve güneşlenme süresine ait trendler görülmektedir. Buna göre rüzgar hızında Şubat ayında azalan bir trend gözlemlenirken diğer aylarda herhangi bir trend yoktur. Ayrıca güneşlenme süresi dikkate alındığında Şubat, Mart ve Nisan ayları hariç diğer aylarda azalan yönde bir trend gözlemlenmiştir.

Tablo 4. Aylık rüzgâr hızı ve güneşlenme süresi için Man-Kendall ve Sen sonuçları

	RÜZGÂR HIZI		GÜNEŞLENME SÜRESİ	
	MK	S	MK	S
	Z	Q(eğim)	Z	Q(eğim)
OCAK	0,011	0,000	-0,344**	-4,558
ŞUBAT	-0,578**	-0,011	-0,261	-4,525
MART	0,006	0,000	-0,271	-3,089
NİSAN	-0,222	0,000	-0,145	-1,614
MAYIS	-0,016	0,000	-0,489**	-7,568
HAZİRAN	0,072	0,000	-0,459**	-8,446
TEMMUZ	-0,176	-0,001	-0,396**	-4,977
AĞUSTOS	0,169	0,000	-0,545**	-5,475
EYLÜL	0,095	0,000	-0,527**	-3,480
EKİM	-0,073	0,000	-0,545**	-8,050
KASIM	-0,176	0,000	-0,410**	-7,950
ARALIK	-0,016	0,000	-0,439**	-6,221
TOTAL	-0,062	0,000	-0,406**	-5,406

Buharlaşmayı ile diğer değişkenler arasındaki ilişkiye baktığımızda, buharlaşmayı en fazla etkileyen değişken güneşlenme süresi olurken en az etkileyen değişken ise rüzgâr hızı olmuştur. Öte yandan diğer değişkenlerin buharlaşma ile olan korelasyon katsayısı (R^2)= 0,527 olarak hesaplanmıştır. Çok değişkenli lineer regresyon modelimiz aşağıda verilmiştir.

$Y = -980,8 + 0,479x_1 + 8,039x_2 + 0,314x_3 + 0,108x_4 + 18,704x_5$. Bu denklemde x_1 , x_2 , x_3 , x_4 , x_5 değerleri sırası ile nem, yağış, sıcaklık, güneşlenme süresi ve rüzgâr hızıdır.

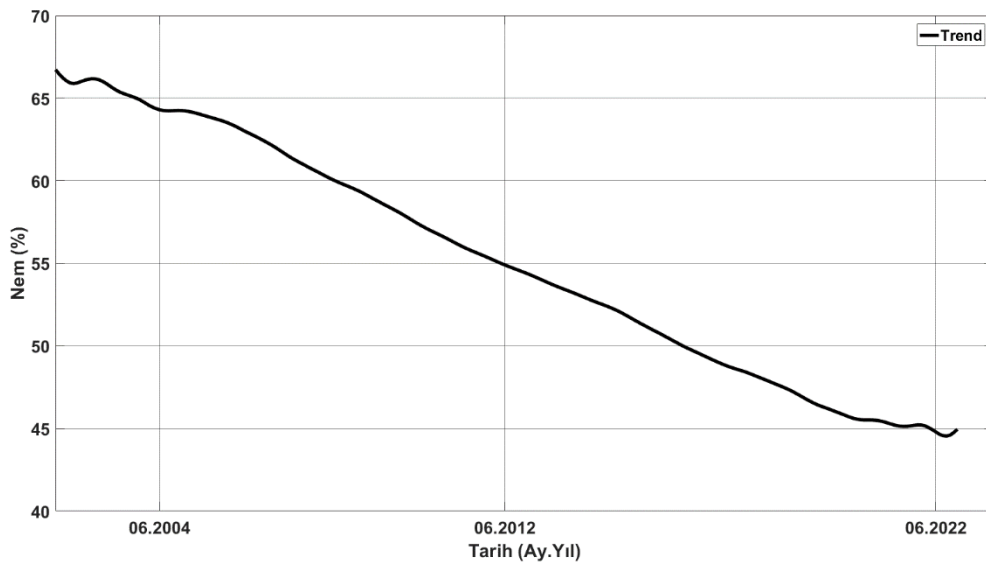
Tablo 5’de değişkenlere ait korelasyon matrisi verilmiştir. Korelasyon matrisi iki ya da daha fazla değişkenin ne kadar güçlü ve hangi yönde ilişkili olduğunu gösteren istatistiksel bir araçtır. Bu tabloya göre göre buharlaşma ile güneşlenme süresi arasında 0,579 gibi yüksek bir değer bulunmuştur. Buna göre buharlaşmayı etkileyen en önemli değişkenin güneşlenme süresidir. Yani güneşlenme süresi arttıkça buharlaşmada artmaktadır. Buharlaşma ile korelasyonu en az olan değişken ise -0,129 ile rüzgâr hızıdır. Dolayısıyla rüzgâr hızı arttıkça buharlaşma azalmaktadır. Genel olarak tabloya baktığımızda ise buharlaşma ile nem, yağış ve güneşlenme süresi arasında pozitif yönde bir ilişki varken, buharlaşma ile sıcaklık ve rüzgâr hızı arasında negatif bir ilişki olduğu görülmektedir.

Tablo 5. Değişkenlere ait korelasyon matrisi

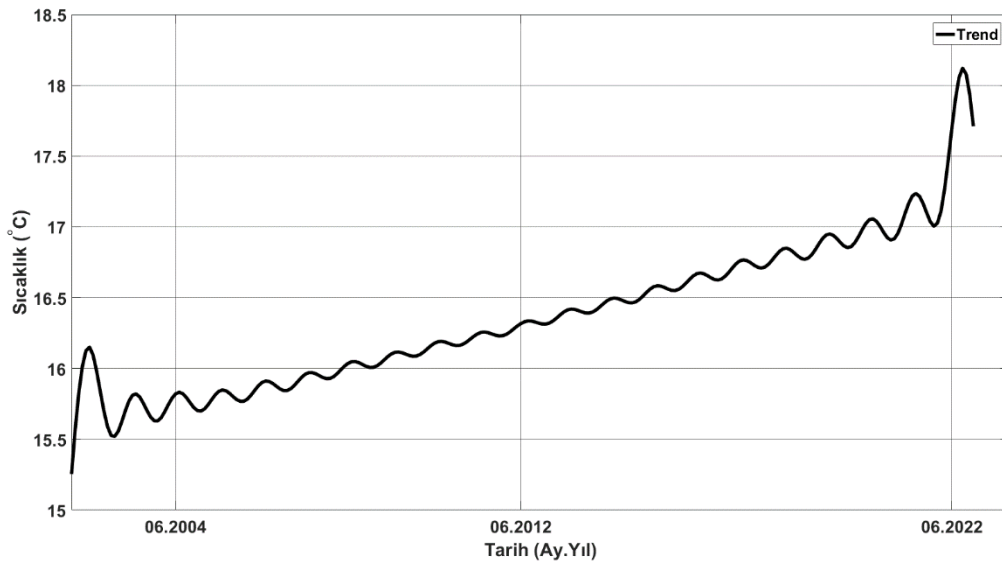
	Nem	Sıcaklık	Yağış	Güneşlenme süresi	Rüzgâr hızı	Buharlaşma
Nem	1	-0,603	0,194	0,375	-0,024	0,400
Sıcaklık	-0,603	1	-0,303	-0,632	0,332	-0,288
Yağış	0,194	-0,303	1	0,020	-0,154	0,247
Güneşlenme süresi	0,375	-0,632	0,020	1	-0,448	0,579
Rüzgâr hızı	-0,024	0,332	-0,154	-0,448	1	-0,129
Buharlaşma	0,400	-0,288	0,247	0,579	-0,129	1

TSA ile elde edilen sonuçlar, çalışmada incelenen meteorolojik değişkenlerin yıllara göre gösterdiği trendleri açıkça ortaya koymaktadır. Şekil 1-6’da sunulan bu analizlere göre,

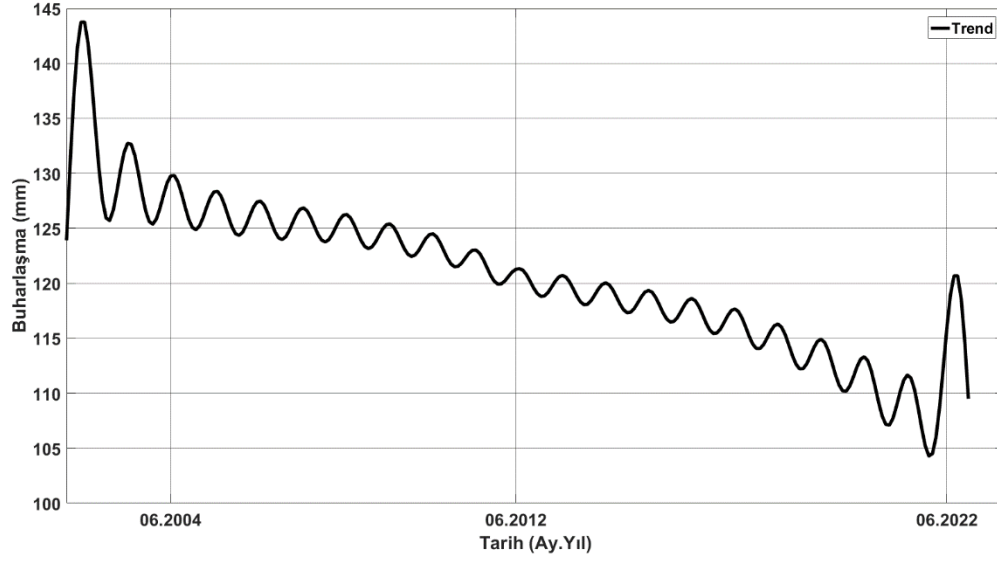
Gaziantep ilinde nem değişkeninin yıllar içerisinde azalan bir eğilim sergilediği, buna karşılık sıcaklık değişkeninin artan bir trende sahip olduğu tespit edilmiştir. Buharlaşma ve güneşlenme süresi değişkenlerinin ise azalan bir trend gösterdiği belirlenmiştir. Yağış ve rüzgâr hızı değişkenleri incelendiğinde, bu iki değişkende anlamlı bir trend bulunmamıştır. Bu şekiller genel olarak incelendiğinde, buharlaşma miktarının nem ve güneşlenme süresi ile doğru orantılı bir ilişki içinde olduğu, buna karşın sıcaklık ile ters orantılı bir ilişki sergilediği gözlemlenmiştir. Buharlaşmanın nem ve güneşlenme süresi ile doğru orantılı olması, bu değişkenlerin buharlaşma süreçlerinde kritik bir rol oynadığını göstermektedir. Ancak, sıcaklığın artması ile buharlaşmanın azalması, beklenenin aksine, sıcaklık artışının tek başına buharlaşmayı artırmadığını, diğer faktörlerle etkileşim içinde bu sürecin daha karmaşık bir dinamik sergilediğini ortaya koymaktadır. Bu bulgular, Gaziantep bölgesindeki iklimsel değişimlerin meteorolojik değişkenler üzerindeki karmaşık etkilerini daha derinlemesine anlamaya katkı sağlamaktadır.



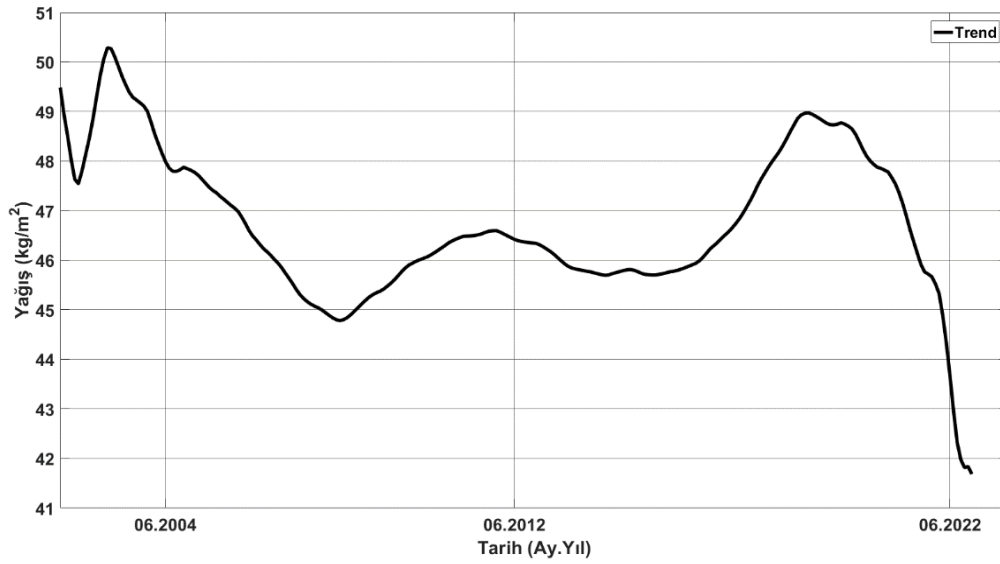
şekil 1. Değişkenlere ait trend analizleri (Nem-Tarih)



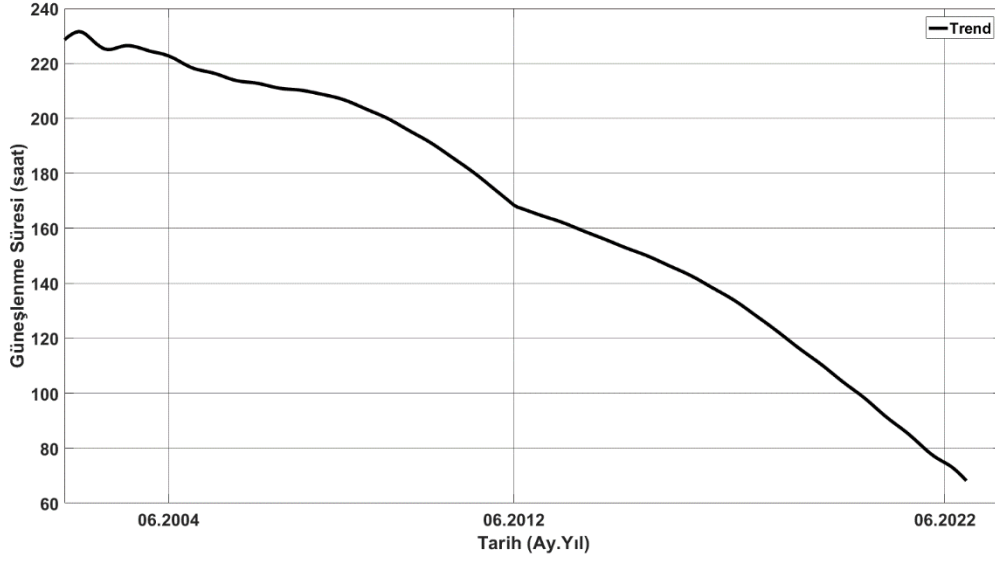
şekil 2. Değişkenlere ait trend analizleri (Sıcaklık-Tarih)



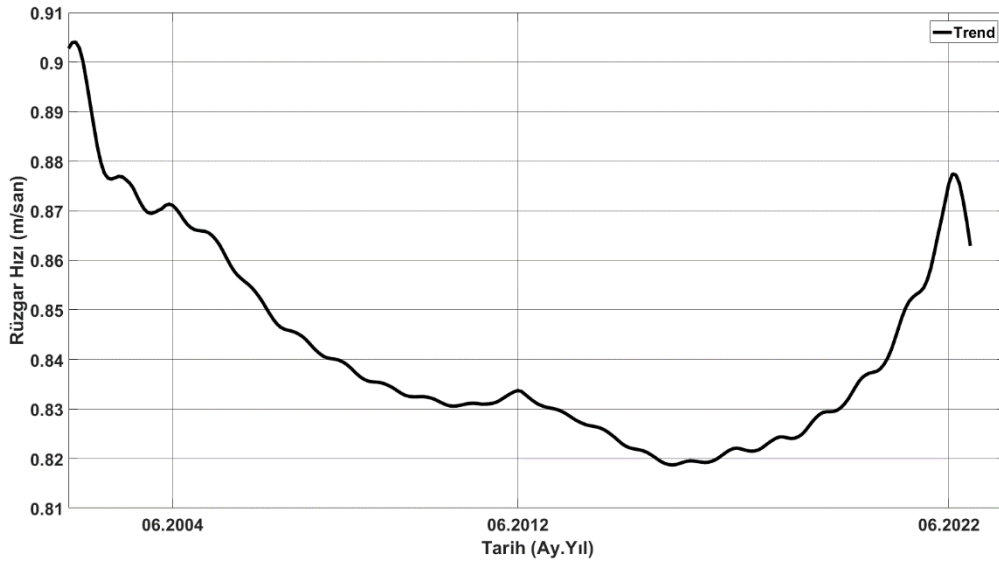
Şekil 3. Değişkenlere ait trend analizleri (Buharlaşma-Tarih)



Şekil 4. Değişkenlere ait trend analizleri (Yağış-Tarih)



Şekil 5. Değişkenlere ait trend analizleri (Güneşleme-Tarih)



Şekil 6. Değişkenlere ait trend analizleri (Rüzgar- Tarih)

4. Sonuç

Çalışmada su kaynakları bakımından fakir bir yer olan Gaziantep ilinin buharlaşma ve diğer iklim parametrelerinin trend analizleri istatistik ve TSA yöntemleri ile yapılmıştır. İstatistiksel yöntemlere göre buharlaşma üzerinde en çok söz hakkı olan değişken 0,579 değeri ile güneşlenme süresi iken en az etkileyen değişken ise -0,129 değeri ile rüzgâr hızı olarak bulunmuştur. Ayrıca buharlaşma ile nem, yağış ve güneşlenme süresi arasında pozitif yönde bir ilişki varken, sıcaklık ve rüzgâr hızı arasında negatif bir ilişki olduğu tespit edilmiştir. TSA yöntemiyle yapılan analizlerde ise nem, buharlaşma ve güneşlenme süresinde yıllara göre azalma eğilimi varken, sıcaklık da ise artan bir trend gözlemlenmiştir. Öte yandan yağış ve rüzgar hızında ise anlamlı bir trend gözlenmemiştir. Tüm sonuçlara göre Gaziantep ilinde iklim değişikliğinin hissedildiği ve bunun tüm değişkenler üzerinde etkisinin aynı düzeyde olmadığı

belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar ile su yapılarının tasarımında yapılacak yapıların, elde etmiş olduğumuz bulgular doğrultusunda değerlendirilerek gözden geçirilmesi, tasarımı daha ekonomik, uzun ömürlü ve işlevsel hale getirecektir. Dolayısıyla bu çalışmanın Gaziantep ilinde yapılması düşünülen hidrolik yapıların boyutlandırılmasında, tarımsal sulamada, yer altı ve yer üstü su kaynaklarının verimli kullanımında ve yenilenebilir enerji projelerinde dikkate alınması elzemdir.

Kaynaklar

- [1] Şen, Z., “İklim Değişikliği ve Türkiye Su Kaynaklarına Etkisi”, İstanbul: Su Vakfı Yayınları (2002).
- [2] Wang, X.M., Liu, H.J., Zhang, L.W., Zhang, R.H., “Climate change trend and its effects on reference evapotranspiration at Linhe Station, Hetao Irrigation District”, *Water Science and Engineering* 7(3) (2014) : 250-266.
- [3] Xu, C.Y., Gong, L., Jiang, T., Chen, D., Singh, V.P., “Analysis of spatial distribution and temporal trend of reference evapotranspiration and pan evaporation in Changjiang (Yangtze River) catchment”, *Journal of hydrology* 327(1-2) (2006) : 81-93.
- [4] Kramer, R.J., Bounoua, L., Zhang, P., Wolfe, R.E., Huntington, T.G., Imhoff, M.L., Thome, K., Noyce, G.L., “Evapotranspiration trends over the eastern United States during the 20th century”, *Hydrology* 2(2) (2015) : 93-111.
- [5] Wang, L., Kisi, O., Zounemat-Kermani, M., Li, H., “Pan evaporation modeling using six different heuristic computing methods in different climates of China”, *Journal of Hydrology* 544 (2017) : 407-427.
- [6] Gocic, M., Trajkovic, S., “Analysis of changes in meteorological variables using Mann-Kendall and Sen's slope estimator statistical tests in Serbia”, *Global and planetary change* 100 (2013) : 172-182.
- [7] Kosif, K., “Yeşilirmak havzası iklim parametrelerinin trend analizi”, *Fen Bilimleri Enstitüsü* (1999).
- [8] Kaya, Y.Z., “Bulanık Mantık Yöntemi ile mevsimsel verilere dayalı buharlaşma tahmini”, *Fen Bilimleri Enstitüsü* (2016).
- [9] Jhajharia, D., Shrivastava, S.K., Sarkar, D., Sarkar, S., “Temporal characteristics of pan evaporation trends under the humid conditions of northeast India”, *Agricultural and Forest Meteorology* 149(5) (2009) : 763-770.
- [10] Aydın, F., “Türkiye buharlaşma verilerinin bölgesel ortalama gidiş analizi”, (2009).
- [11] Falamarzi, Y., Palizdan, N., Huang, Y.F., Lee T.S., “Estimating evapotranspiration from temperature and wind speed data using artificial and wavelet neural networks (WNNs)”, *Agricultural Water Management* 140 (2014) : 26-36.
- [12] Gao, G., Chen, D., Xu, C., Simelton, E., “Trend of estimated actual evapotranspiration over China during 1960–2002”, *Journal of Geophysical Research: Atmospheres* 112(D11) (2007).
- [13] Kızılelma, Y., Çelik, M., Karabulut, M., “İç Anadolu Bölgesinde sıcaklık ve yağışların trend analizi”, *Türk Coğrafya Dergisi* (64) (2015) : 1-10.

- [14] Partal, T., Kahya, E., “Trend analysis in Turkish precipitation data”, *Hydrological Processes: An International Journal* 20(9) (2006) : 2011-2026.
- [15] Rajabi, A., “Monthly and Annual Trend of Potential Evapotranspiration in West of Iran”, *Ecology, Environment and Conservation* 21 (2015) : 19-23.
- [16] Gümüş, V., şimşek, O., Soydan, N.G., Aköz, M.S., Yenigün, K., “Adana istasyonunda buharlaşmanın farklı yapay zeka yöntemleri ile tahmini”, *Dicle Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mühendislik Dergisi* 7(2) (2016) : 309-318.
- [17] Bruton, J., McClendon, R., Hoogenboom, G., “Estimating daily pan evaporation with artificial neural networks”, *Transactions of the ASAE* 43(2) (2000) : 491-496.
- [18] Karpouzou, D., Kavalieratou, S., Babajimopoulos, C., “Trend analysis of precipitation data in Pieria Region (Greece)”, *European Water* 30(30) (2010) : 30-40.
- [19] Dalkılıç, H.Y., “Yağışların trend analizi”, *Erzincan University Journal of Science and Technology* 12(3) (2019) : 1537-1549.
- [20] Akbaş, E., Çelik, R., Eşit, M., “Mann Kendall, Spearman Rho ve Yenilikçi şen Yöntemlerinin Meteorolojik Veriler Kullanılarak Değerlendirilmesi: Batman Bölgesi Örneğı”, *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi* 28(1), 239-251.
- [21] Yılmaz, V., “Farklı performans metriklerinin buharlaşma modellemesi üzerindeki etkisinin incelenmesi”, *Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi* 12(2) (2023) : 472-486.
- [22] Has, A., Güler, ř., “Derin öğrenme tekniğı kullanılarak LSTM algoritmaları ile iklim verilerinin tahmin edilmesi”.
- [23] Bayazıt, M., Oğuz, E.B.Y., “Mühendisler için istatistik”, Birsen Yayınevi (2005).
- [24] Burn, D.H., Elnur, M.A.H., “Detection of hydrologic trends and variability”, *Journal of hydrology* 255(1-4) (2002) : 107-122.
- [25] Bulut, H., Yeşilata, B., Yeşilnacar, M.İ., “Atatürk baraj gölünün bölge iklimi üzerine etkisinin trend analizi ile tespiti”, *GAP V. Mühendislik Kongresi* (2006) : 79-86.
- [26] Yu, Y. S., Zou, S., Whittemore, D., “Non-parametric trend analysis of water quality data of rivers in Kansas”, *Journal of Hydrology* 150(1) (1993) : 61-80.
- [27] Ozturk, A., Cayiroglu, I., “A real-time application of singular spectrum analysis to object tracking with sift”, *Engineering, Technology & Applied Science Research* 12(4) (2022) : 8872-8877.
- [28] Ozturk, A., Tartar, A., Huseyinsinoglu, B.E., Ertas, A.H., “A clinically feasible kinematic assessment method of upper extremity motor function impairment after stroke”, *Measurement* 80 (2016) : 207-216.
- [29] Bisgard, J., “Analysis and linear algebra: the singular value decomposition and applications”, *American Mathematical Soc.* 94 (2020).
- [30] Brunton, S.L., Kutz, J.N., “Data-driven science and engineering: Machine learning, dynamical systems, and control”, *Cambridge University Press* (2022).